Namira S.G.R.P.A
Sede: Via Olmetto 8
20123 Milano (MI)

MXP MAGENTA
Viale Piemonte 66, 20013 Magenta (MI) Italia
Campus Ad Uso Data Center

VALUTAZIONE IMPATTO AMBIENTALE
Ai sensi degli artt. 23-25 del D.Lgs.152/06

Documento:
20005_ES V ST 01-
Studio del Traffico

Data
15 Dicembre 2025

Proprietario
Namira S.G.R.P.A

Alvea

Environment,
Your Next
Asset

Progetto: 25.019.01.P

VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE (VIA)
DATA CENTER MXP MAGENTA – Viale Piemonte 66
ai sensi degli artt. 23-25 del D.Lgs. 152/06

STUDIO DEL TRAFFICO

Preparato per: DIDIT S.r.l.

Data: 15/12/2025

STUDIO DEL TRAFFICO

Firmato digitalmente da: Eugenio Radice Fossati Confalonie
Data: 19/12/2025 12:14:12

Rev:	data	emissione	note
0	15/12/2025		

Redatto	Verificato	Approvato
V. Curti	L. Pessina	P. Mauri

Sommario

1 PREMESSA 5
2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'INTERVENTO 6
2.1. Breve inquadramento del Territorio Comunale di Magenta 6
2.1.1. Ubicazione dell'intervento 6
2.1.2. Comparto viario 6
3 DOMANDA DI TRASPORTO INDOTTA 8
3.1 Domanda generata dal Data Center 8
3.2 Domanda generata da Ambiti esterni 9
4 FLUSSI DI TRAFFICO ATTUALI 11
5 LIVELLI OPERATIVI DI SERVIZO (LdS) RETE VIARIA ATTUALE 14
5.1 Intersezione a rotatoria SS336dir-SS11-SP225-SS526-via Boffalora 14
5.2 Intersezione a raso libera SS11-via Pacinotti 16
5.3 Intersezione a rotatoria SS11-via Meucci-via Espinasse 17
6 DISTRIBUZIONE DEL TRAFFICO INDOTTO 20
7 FATTIBILITÀ INTERVENTI INFRASTRUTTURALI DI MITIGAZIONE 24
7.1 Intersezione a rotatoria SS336dir-SS11-SP225-SS526-via Boffalora 25
7.2 Intersezione a raso SS11-via Pacinotti 28
8 LIVELLI OPERATIVI DI SERVIZO (LdS) SCENARIO DI PROGETTO 30
8.1 Intersezione a rotatoria SS336dir-SS11-SP225-SS526-via Boffalora 30
8.2 Scenario di traffico con Collegamento Magenta-Vigevano SS11/494 32
8.3 Intersezione a rotatoria SS11-via Pacinotti 35
8.4 Intersezione a rotatoria SS11-Espinasse-Padania-Meucci-Marcallo 36
9 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE 38
10 METODI 40
10.1 Livelli di servizio su tratte stradali 40
10.2 Livelli di servizio su intersezioni a raso libere 45
10.3 Livelli di servizio su intersezioni a rotatoria 47

Indice Figure

Figura 1: Inquadramento geografico dell'area di intervento 6
Figura 2: Inquadramento dell'area in relazione alla viabilità principale (fonte: Geoportale Regione Lombardia) 7
Figura 3: inquadramento della viabilità locale (fonte: GoogleMaps) 7
Figura 4: Matrice OD intersezione SS336dir/SS11-7.30-8.30 dicembre 2024 (fonte: Studio Polinomia) 11
Figura 5: Matrice OD dell'intersezione SS11/Meucci/Espinasse-7.30-8.30 dicembre 2024 (fonte: Studio Polinomia) 12
Figura 6: Matrice OD dell'intersezione SS11/via Pacinotti-7.30-8.30 dicembre 2024 (fonte: P.A. Area Ex Bruno Romeo) 12
Figura 7: flussi traffico complessivi sul comparto durante l'intervallo di punta del mattino 13
Figura 8: intersezione SS11/SS336dir/SS526/SP225/via Boffalora (fonte: GoogleMaps) 15
Figura 9: intersezione libera a raso SS11/via Pacinotti (fonte: GoogleMaps) 16
Figura 10: intersezione SS11/Espinasse/Padania/Meucci/Marcallo 18
Figura 11: distribuzione del traffico indotto dal data Center nell'intervallo 7.30-8.30 21
Figura 12: distribuzione del traffico indotto dagli interventi contermini nell'intervallo 7.30-8.30 22
Figura 13: ingressi/uscite del traffico indotto lungo le direttrici di traffico 23
Figura 14: domanda di trasporto collegamento SS11 – Tang. Ovest Milano – Stato di fatto (fonte:Anas SpA) 24
Figura 15: Domanda di trasporto collegamento SS11 – Tang. Ovest Milano – Stato Programmatico (fonte:Anas SpA) 25
Figura 16: planimetria generale di progetto 26
Figura 17: dettaglio area Nord 27
Figura 18: dettaglio area Sud 27
Figura 19: rotatoria SS11-Pacinotti proposto da P.A. "Area ex Bruno Romeo" (Fonte: P.A.) 28
Figura 20: assetto modificato secondo indicazioni del modello SETRA 31

Disclaimer

With this document, Alvea srl has fulfilled the commission entrusted to it by Didit with the required diligence.

The calculations and results illustrated in this document have been obtained in compliance with current regulations and recognised rules in the sector of operation and are based on the state of knowledge at the time of writing the report.

In this regard, Alvea srl has prepared this documentation in accordance with the information and specifications provided by the Client, who therefore assumes all responsibility for the accuracy and correctness of the same.

To this end, Alvea srlconsiders that:

- the client, or third parties designated by them, have provided all the correct information and complete documents for the execution of the commission.
- this document will not be used in a partial manner.
- the processing and results contained in this document will not be used for any purpose other than that agreed upon or for any other purpose, nor will they be transposed to modified circumstances without being re-examined.
- in this document, the term “Client” refers to the company “Didit”, which has commissioned “Alvea” to draft this document.

Con il presente documento, Alvea srl ha eseguito l'incarico affidatole da Didit con la dovuta diligenza.

I calcoli e i risultati illustrati nel presente documento sono stati ottenuti nel rispetto delle normative vigenti e delle regole riconosciute nel settore di attività e si basano sullo stato delle conoscenze al momento della stesura del rapporto.

A tal proposito, Alvea srl ha redatto la presente documentazione in conformità alle informazioni e alle specifiche fornite dal Cliente, che pertanto si assume ogni responsabilità in merito all'accuratezza e alla correttezza della stessa.

A tal fine, Alvea srl ritiene che:

- il Cliente, o terzi da lui designati, abbiano fornito tutte le informazioni corrette e la documentazione completa per l'esecuzione dell'incarico.
- il presente documento non verrà utilizzato in modo parziale.
- le elaborazioni e i risultati contenuti nel presente documento non verranno utilizzati per scopi diversi da quelli concordati o per qualsiasi altro scopo, né verranno trasposti a circostanze modificate senza essere riesaminati.
- nel presente documento, il termine “Cliente” si riferisce alla società “Didit”, che ha incaricato “Alvea” di redigere il presente documento.

1 PREMESSA

Lo Studio di Traffico sviluppato nelle pagine seguenti integra il precedente Studio viabilistico allegato al "Procedimento di verifica di assoggettabilità relativo al progetto polo alta tecnologia Ex Novaceta AR2 del PGT di Magenta". Obiettivo dell'integrazione è l'ottemperanza alle osservazioni e indicazioni contenute nella **Relazione Istruttoria** approvata dalla Commissione Istruttoria Regionale per la V.I.A. nella seduta n. 5 del 13.03.2025, ai sensi dell'Art. 7 del r.r. 2/2020, e al contempo l'adeguamento dello studio alle specifiche del progetto oggetto di valutazione (Data Center).

Il presente documento eredita dallo studio precedente il quadro conoscitivo relativo alla delimitazione di rete e alla individuazione dei nodi sensibili. Inoltre, per quanto attiene alla domanda di trasporto attuale si è fatto riferimento alla campagna di rilievo dicembre 2024 associata al corpo principale dello studio di traffico consegnato a corredo della procedura di Verifica di Assoggettabilità. Per completezza, i dati di traffico ottenuti sono stati confrontati con quelli presentati per il Piano Attuativo in Variante PGT "Area Ex Bruno Romeo – Intersezione SS11" e datati settembre 2023 che sono stati messi a disposizione dall'Ente Comunale.

Diversamente dallo studio precedente, grazie a una più puntuale definizione dei contenuti localizzativi (realizzazione di edifici dedicata a Centro Elaborazione Dati), la presente integrazione si indirizza verso:

- Una più specifica definizione della domanda di trasporto indotta;
- Una conseguente ridistribuzione della domanda di trasporto indotta sulla rete viaria;
- L'individuazione degli elementi di rete che presentavano scarse riserve di capacità e fenomeni di coda;
- La formazione di ipotesi di interventi infrastrutturali mirati al miglioramento della capacità di rete;
- La formazione di ipotesi di interventi infrastrutturali mirati al miglioramento della sicurezza della circolazione stradale anche secondo le indicazioni contenute nella Relazione Istruttoria);
- La verifica quantitativa dei Livelli Operativi di Servizio (LdS) e dei rapporti Flusso/Capacità attraverso l'impiego di modelli statici (CERTU/SETRA, HCM) e dinamici (VISSIM) mettendo a confronto la rete viaria nello stato di fatto e nello scenario di progetto dove vengono assunti sia i nuovi livelli di traffico (domanda di trasporto indotta), sia le modifiche infrastrutturali proposte.

Ricordiamo che la realizzazione del Data Center, composto da 5 edifici separati, avverrà per fasi successive.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'INTERVENTO

2.1. Breve inquadramento del Territorio Comunale di Magenta

2.1.1. Ubicazione dell'intervento

L'area di odierno interesse è collocata nel settore nord-ovest del territorio comunale di Magenta, alle porte del tessuto residenziale della città e prossimo ad aree rurali e boschive.

La stessa è rappresentata dall'ex sito industriale "Novaceta", abbandonato da decenni, avente una superficie di 216.250 m^2 e collocato ad una quota prossima ai 140 m s.l.m.

Lungo il lato est e sud l'area è delimitata dal Canale Secondario Villoresi; sempre lungo il lato sud, oltre quest'ultimo, è presente la strada provinciale 31 e la linea ferroviaria Milano-Novara.

Figura 1: Inquadramento geografico dell'area di intervento

2.1.2. Comparto viario

Per quanto attiene l'assetto trasportistico l'area oggetto del presente studio corrisponde all'insediamento della SNIA, poi NOVACETA, immediatamente a nord del tracciato ferroviario, in Comune di Magenta.

L'area confina a Nord con Via Pacinotti e insediamenti sia residenziali che produttivi. A Est troviamo un quartiere residenziale dal quale è separato dal canale secondario Villoresi. A sud il confine è segnato da Via Piemonte.

La viabilità principale del comparto Ovest di Magenta, più esterno all'area, è costituita dalla SS336dir e SS526 (nord-sud) e SS11 che è passata di competenza da CMM ad Anas a partire dalla dal 2021.

Figura 2: Inquadramento dell'area in relazione alla viabilità principale (fonte: Geoportale Regione Lombardia)

La connessione locale avviene attraverso gli assi stradali di via Pacinotti (Nord) e di viale Piemonte (Sud), mentre il comparto viario è completato da via Galileo Galilei, Strada del Roccolo, via Piave e via Galvani.

Figura 3: inquadramento della viabilità locale (fonte: GoogleMaps)

3 DOMANDA DI TRASPORTO INDOTTA

3.1 Domanda generata dal Data Center

La verifica degli impatti sul sistema viario derivati dalla localizzazione di nuove attività dipende inizialmente dalla quantificazione della domanda di trasporto indotta da queste trasformazioni. La generazione di questo traffico indotto risponde alla domanda:

"*Quanti spostamenti orari e giornalieri aggiuntivi genererà la nuova localizzazione?*".

Nel nostro caso la realizzazione di una **Data Center** e considerando la **Fase di Esercizio**, secondo i dati forniti dall'operatore, avremo:

48MW Facility	Base Operation - at full fit-out	Shift / Period during which visit occurs				Peak hour
		9:00 - 17:30	6:00 - 14:30	14:00 - 22:30	22:00 - 6:30	07:30 - 8:30
Facility Employees	Managers	2				2
	Operations staffing (daytime and shift)	3	3	3	3	3
	Security	3	3	3	3	3
Visitors	Visitors (Various)	8				2
	Vendors	12				3
Deliveries	HGV deliveries per day	4				1
	FEDEX / UPS	8				1
	Waste trucks per day - or to local collection frequency	1				1
	Total per building (all visits)	59				
	Total per building (peak normal car parking)	53				
	Total per campus 5 buildings (all visits)	295				
	Total per campus 5 buildings (peak normal car parking)	265				

48MW Facility	IT Refresh Cycle (additional to Base Operation), assuming 1 Customer per building	Shift / Period during which visit occurs				Peak hour
		9:00 - 17:30	6:00 - 14:30	14:00 - 22:30	22:00 - 6:30	07:30 - 8:30
Customer 1 staff	IT Technician - Contractor fit-out	15				7
	Total per building (all visits)	15				
	Total per building (peak normal car parking)	15				
	Total per campus 2,5 buildings (all visits)	38			**PK Vehicle**	**23**
	Total per campus 2,5 buildings (peak normal car parking)	38			**PK Vehicle eq**	**31**
	Note: assuming contemporaneyt over a 5 year cycle for 2,5 buildings out of 5				**PK Vehicle eq (5 buildings)**	**155**

Tabella 1: distribuzione oraria attesa della domanda di trasporto indotta dal Data Center

Quindi, durante il periodo diurno vengono generati (295+38) = **333 viaggi/giorno** attraverso l'impiego di veicoli leggeri (Autoveicoli, Van).

Le verifiche dei Livelli di Servizio (LdS) degli elementi di rete vengono però effettuate considerando gli intervalli di picco (generalmente ora di punta del mattino e del pomeriggio).

Nel nostro caso è stato considerato l'intervallo di picco del mattino e assumendo l'ipotesi cautelativa che il **50% della domanda giornaliera** abbiamo **155 veicoli/equivalenti** nell'ora di punta si concentri in questo intervallo (ingresso degli addetti e delle manutenzioni).

Ricordiamo ancora che questo scenario corrisponde alla completa realizzazione dei 5 edifici e che il contributo di ogni singolo elemento è, verosimilmente, pari a 1/5.

3.2 Domanda generata da Ambiti esterni

Tuttavia, la Relazione della Commissione Istruttoria Regionale per la V.I.A. del 13.03.2025 sottolineava la necessità di considerare l'eventuale presenza di Piani Attuativi e ambiti di trasformazione del PGT prossimi all'area di intervento.

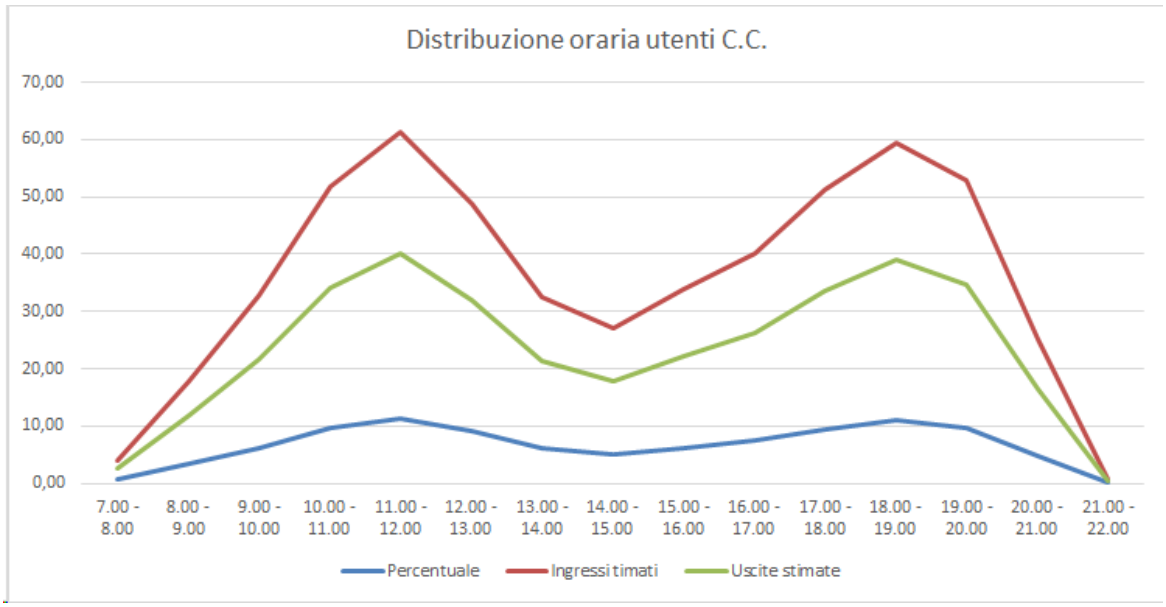
Nel nostro caso sono stati individuati:

- il Piano Il piano attuativo dell'area "Ex Bruno Romeo" lungo l'asse della SP 11 e l'intersezione con via Pacinotti che prevede la localizzazione di una Media Struttura di Vendita di prodotti alimentari e non alimentari con SV pari a 2.500,00 mq;
- le Schede AT7 di trasformazione del PGT che prevede la localizzazione di un mix funzionale dedicato alla residenza, al commerciale e al ricettivo.

Per la quantificazione della domanda di trasporto indotta da questi interventi si è fatto riferimento agli Studi di Impatto Viabilistico approvati che facevano riferimento a Medie Strutture di Vendita di prodotti alimentari e a mix funzionali di ambiti residenziali, terziari, ricettivi e commerciali). Per le verifiche degli impatti di questi ambiti l'intervallo orario di riferimento è solitamente quello pomeridiano e compreso tra le ore 17.00 e le ore 19.00. Per questo intervallo gli studi riportavano un indotto orario di:

- 539 veicoli/ora in ingresso;
- 354 veicoli/ora in uscita.

Nel caso di un Data Center però la domanda di punta è attesa nell'intervallo tra le ore 7.0 e le ore 8.00. Per definire la quota parte dell'indotto delle attività contermini attribuibile all'intervallo critico del mattino si è fatto ricorso a una curva di distribuzione oraria dei clienti/utenti di complessi commerciali equivalenti.



Intervallo	7.00 - 8.00	8.00 - 9.00	9.00 - 10.00	10.00 - 11.00	11.00 - 12.00	12.00 - 13.00	13.00 - 14.00	14.00 - 15.00	15.00 - 16.00	16.00 - 17.00	17.00 - 18.00	18.00 - 19.00	19.00 - 20.00	20.00 - 21.00	21.00 - 22.00	Total
Percentuale	0,74	3,31	6,07	9,62	11,35	9,03	6,02	5,03	6,26	7,45	9,49	11,04	9,80	4,65	0,13	100,00
Ingressi timati	4	18	33	52	61	49	32	27	34	40	51	59	53	25	1	539
Uscite stimate	3	12	22	34	40	32	21	18	22	26	34	39	35	16	0	354

Tabella 2: andamento della distribuzione oraria utenti aree commerciali

Nel nostro caso, assumendo l'intervallo di punta del mattino, avremo:

- 18 ingressi;
- 12 uscite

Cui vanno aggiunti gli addetti delle strutture. Considerando 90 addetti per la MSV e 70 addetti per il Mix funzionale distribuiti su 2 turni dovremo considerare:

- 45 viaggi/ora in ingresso dovuti alla MSV;
- 35 viaggi/ora in ingresso dovuti al Mix funzionale.

A questi valori andranno aggiunte le uscite mattutine dovute alla residenza prevista dalla scheda AT7 e quantificata, nello Studio di Traffico citato al Capitolo 4.4.2., in 34 veicoli in uscita e 6 in ingresso.

Definizione Traffico indotto (7.30-8.30)

Funzione	Tipologia	Ingressi	Uscite
A	Addetti Data Center	0	0
B	Addetti M.S.V.	45	
C	Addetti mix funzionale	35	
D	Residenti	6	34
E	Clienti M.S.V.	18	12
		104	**46**

Tabella 3: traffico indotto dalla realizzazione degli interventi contermini

Sommando i due contributi avremo:

Polo attrattore	Ingressi	Uscite
Data Center	155	Nulle
Ambiti contermini	104	46
Totale:	**259**	**46**

Tabella 4: domanda di trasporto complessiva indotta intervallo di punta del mattino

4 FLUSSI DI TRAFFICO ATTUALI

La domanda di trasporto attuale che impegna il comparto viario in oggetto è stata ricavata:

- Dal set dati contenuto nello studio redatto dalla Società Polinomia del 20 dicembre 2024 e relativo all'Ambito in oggetto;
- Dal set dati contenuto nello studio di KC Design e relativo al "Piano Attuativo – Area Ex Bruno Romeo" del 3 gennaio 2025.

Le intersezioni principali del comparto sono rappresentate da:

- rotatoria SS336dir/SS11;
- rotatoria SS11/via Meucci;
- intersezione libera a raso tra la SS11 con via Pacinotti.

Durante l'intervallo di punta del mattino le matrici O/D rilevate sono state:

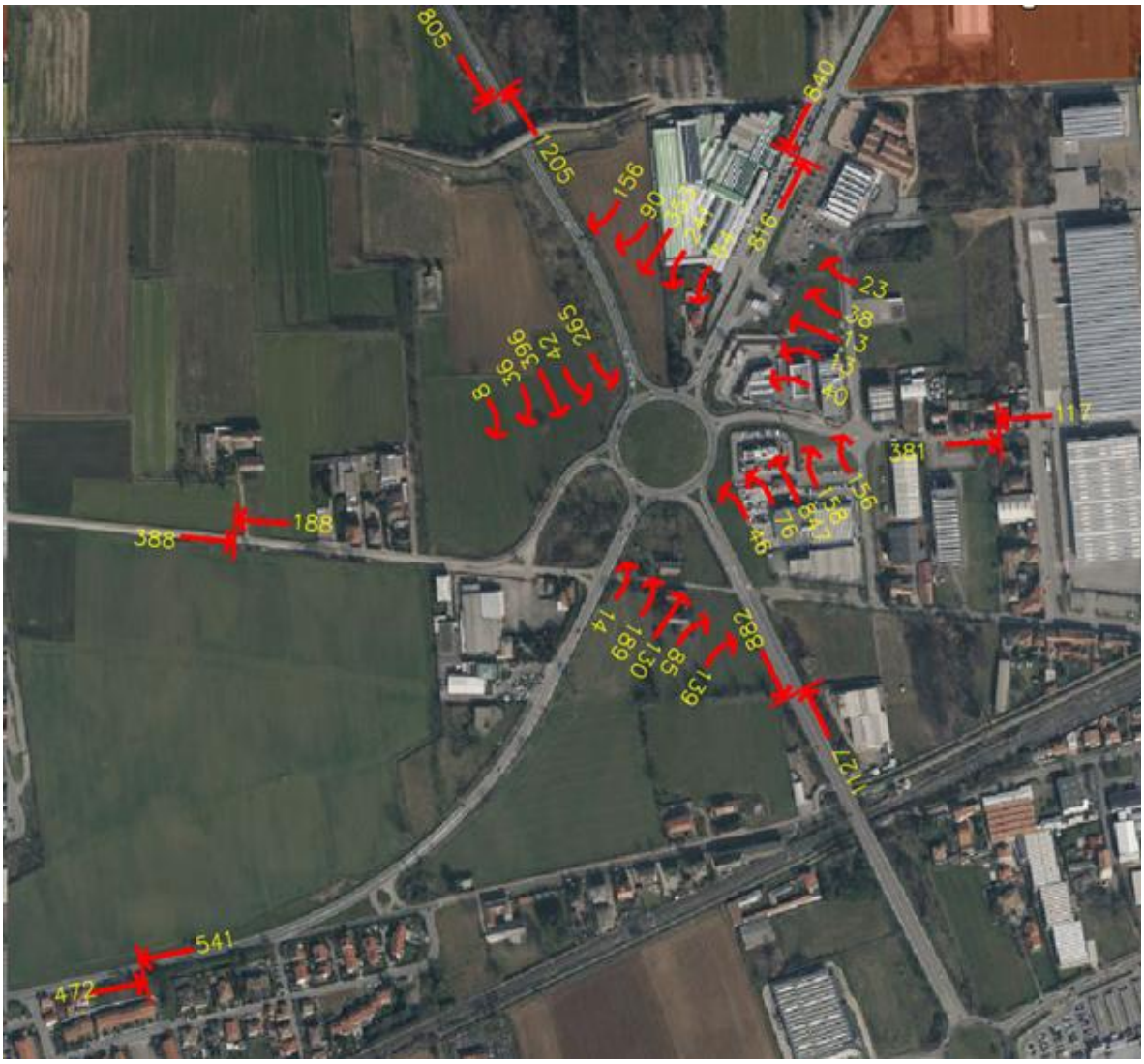


Figura 4: Matrice OD intersezione SS336dir/SS11-7.30-8.30 dicembre 2024 (fonte: Studio Polinomia)

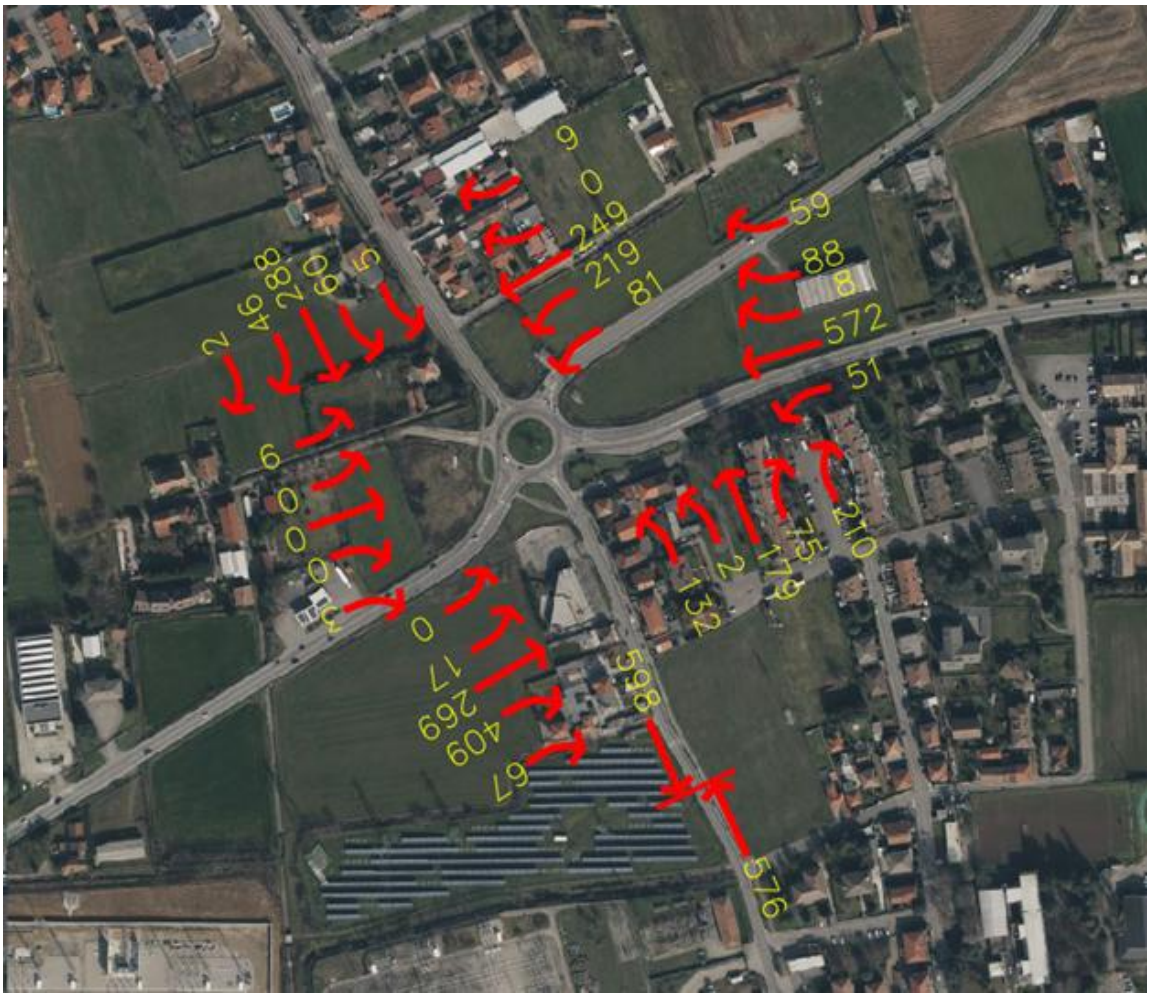


Figura 5: Matrice OD dell'intersezione SS11/Meucci/Espinasse-7.30-8.30 dicembre 2024 (fonte: Studio Polinomia)

Figura 6: Matrice OD dell'intersezione SS11/via Pacinotti-7.30-8.30 dicembre 2024 (fonte: P.A. Area Ex Bruno Romeo)

Complessivamente sul comparto viario di interesse abbiamo la seguente domanda di trasporto che impegna archi e movimenti di svolta della rete viaria durante l'intervallo compreso tra le ore 7.30 e le ore 8.30.

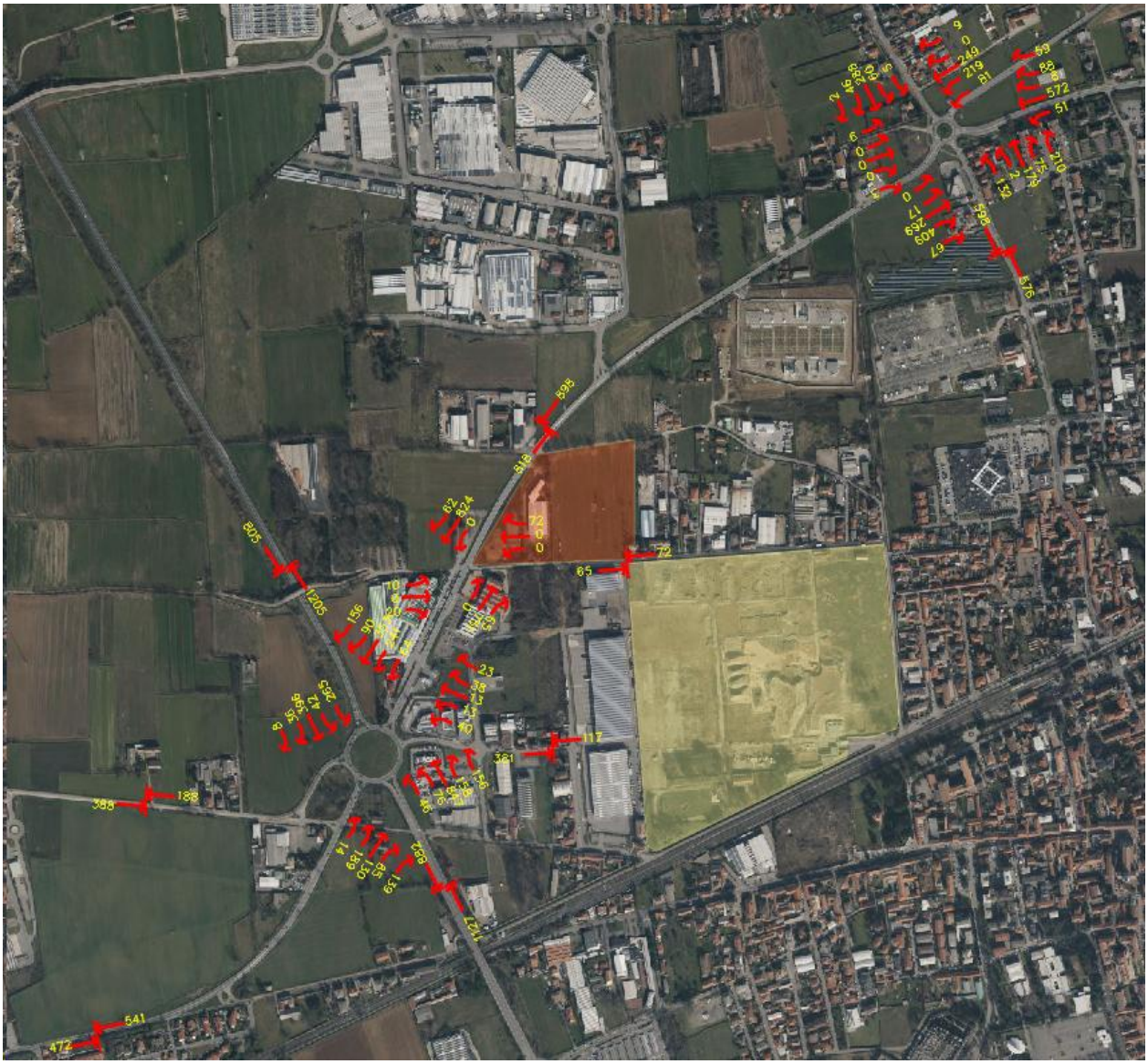


Figura 7: flussi traffico complessivi sul comparto durante l'intervallo di punta del mattino

5 LIVELLI OPERATIVI DI SERVIZO (LdS) RETE VIARIA ATTUALE

Inizialmente sono state verificate le prestazioni dei singoli elementi della rete (nodi e archi) nello stato di fatto. Le verifiche dei LdS condotte sui singoli elementi di rete (nodi e archi) sono state condotte utilizzando:

- algoritmi e modelli proposti da HCM (Transportation Research Board – National Research Council – HCN 2000) per intersezioni libere a raso e tratti rettilinei;
- algoritmi e modelli proposti da DSTR Cetra dell'Ouest – Setra – per intersezioni a rotatoria e contenuto nella DGR 27/09/2006 n.8/3219 di Regione Lombardia.

Le intersezioni considerate sono:

- Intersezione SS336dir-SS11-SP225-SS526-via Boffalora;
- Intersezione SS11-via Pacinotti;
- Intersezione SS1-via Padania-via Meucci-via Espinasse.

5.1 Intersezione a rotatoria SS336dir-SS11-SP225-SS526-via Boffalora

L'intersezione si caratterizza come nodo principale del comparto viario oggetto di studio. Allo stato attuale viene disciplinato mediante rotatoria di grandi dimensioni con:

- Raggio interno della corona giratoria di 22.50 m di raggio;
- Anello di rotazione di 9.00 m di larghezza;
- Corsie utile dell'anello di rotazione di 8.00 m;
- ingressi a una corsia con larghezza variabile da 5.00 a 6.00 m di larghezza;
- uscite a corsia singola con larghezza variabile da 5.00 a 6.00 m di larghezza;
- Isola direzionali spartitraffico con larghezza compresa tra 7.00 e 15.00 m;
- Raggi di raccordo corsie di ingresso compresi tra 15.00 m e 20.00 m;
- Raggi di raccordo corsie di uscita compresi tra 20.00 e 25.00 m.

Figura 8: intersezione SS11/SS336dir/SS526/SP225/via Boffalora (fonte: GoogleMaps)

Applicando il modello SETRA per ambiti extraurbani alla domanda di trasporto attuale otteniamo:

Modello: SETRA C= (1330-0,7Qd)[1+0,1(ENT -3,5)]

formulazione come riportata nell'allegato 2 normativa regione Lombardia DGR VIII-3219
AMBITO EXTRAURBANO

Braccio	Nomi	ENT	SEP
1	SS11 Nord	4,5	13
2	SS336 Dir	4,5	15
3	SP225	4,5	12
4	SS11 Sud	4,5	14
5	SS526	4,5	14
6	via Boffalora	4,5	7

Raggio interno	42,5
Sormontabile	0
Larghezza anello	9
Larghezza utilizzata	9
Raggio esterno	51,5

Matrice O/D

		DESTINAZIONE						Tot
	Braccio	1	2	3	4	5	6	origine
ORIGINE	1	0	156	90	353	241	64	840
	2	265	0	8	136	396	42	805
	3	263	13	0	6	106	34	388
	4	130	189	14	0	139	85	472
	5	158	847	76	46	0	156	1127
	6	23	38	13	13	30	0	117
Tot destinazione		816	1205	188	541	882	381	

Flussi Braccio	Circolante Qc	Uscente Qs
1	1185	816
2	820	1205
3	1437	188
4	1284	541
5	874	882
6	560	117

Qd = (Qc +2/3Qu')[1-0,085(ANN-8)]
flusso gênant
traffico di disturbo

Qu' = Qu(15-SEP)/15

Calcolo delle capacità delle entrate

Braccio	C	Qe	Qc	Qu	Qu'	Qd		δ (F/C)	RC %
SS11 Nord	**577**	839,75	1185	816	109	1151		**1,46**	**-46%**
SS336 Dir	**885**	805	820	1204,75	0	750		**0,91**	**9%**
SP225	**433**	388	1437	188	38	1338		**0,90**	**10%**
SS11 Sud	**541**	472	1284	541	36	1197		**0,87**	**13%**
SS526	**820**	1127	874	882	59	836		**1,38**	**-38%**
Via Boffalora	**1039**	381	560	117	62	550		**0,37**	**63%**

Tabella 5: Valori F/C e RC rotatoria SS11-SS336-SP225_SS526-Boffalora nello stato di fatto

Allo stato attuale la saturazione delle singole corsie di ingresso risulta:

- Ramo 1 SS11 Nord: saturazione ingresso: 1,46 Riserva capacità: - 46%%
- Ramo 2 SS336 dir: saturazione ingresso: 0,91 Riserva capacità: 9%
- Ramo 3 SP 225: saturazione ingresso: 0,90 Riserva capacità: 10%
- Ramo 4 SS11 Sud: saturazione ingresso: 0,87 Riserva capacità: 13%
- Ramo 5 SS526: saturazione ingresso: 1,38 Riserva capacità: -38%%
- Ramo 6 Boffalora: saturazione ingresso: 0,37 Riserva capacità: 63%

Il modello SETRA evidenzia una riserva di capacità negativa per l'ingresso da Nord lungo la SS11 e da Sud lungo la SS526. Altrettanto insufficiente appare la riserva di capacità per i rami 2, 3 e 4 durante l'intervallo di punta (RC tra il 9% e 10%).

Si evidenzia, in ogni caso, che l'afflusso di traffico legato al datacenter (155 veicoli nell'ora di punta per l'intero campus, corrispondenti a circa 30 veicoli per la sola fase 1), costituiscono un apporto irrilevante in considerazione della domanda di trasporto attuale della rotonda, che ammonta a circa 4000 veicoli/ora, specie per gli interventi previsti nella fase 1.

5.2 Intersezione a raso libera SS11-via Pacinotti

L'intersezione è disciplinata come intersezione libera a raso con divieto delle manovre di svolta a sinistra.

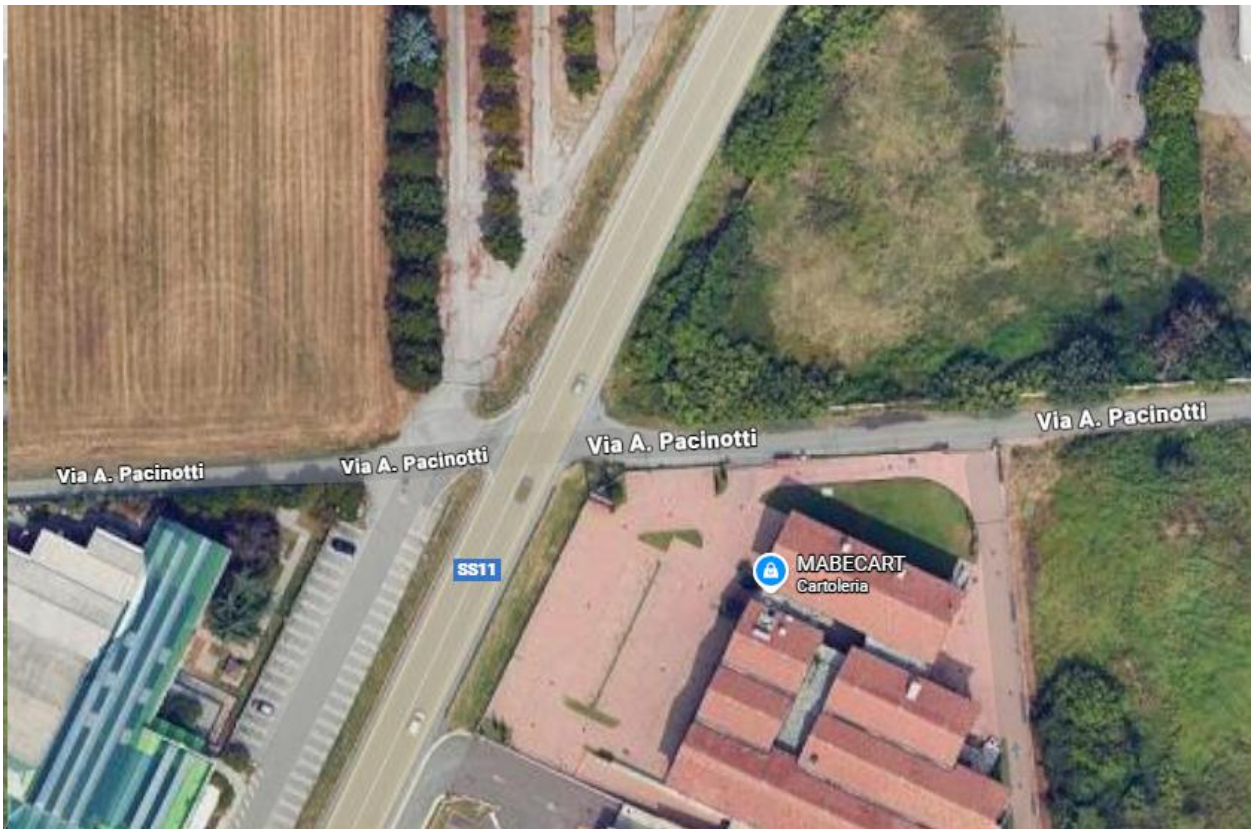
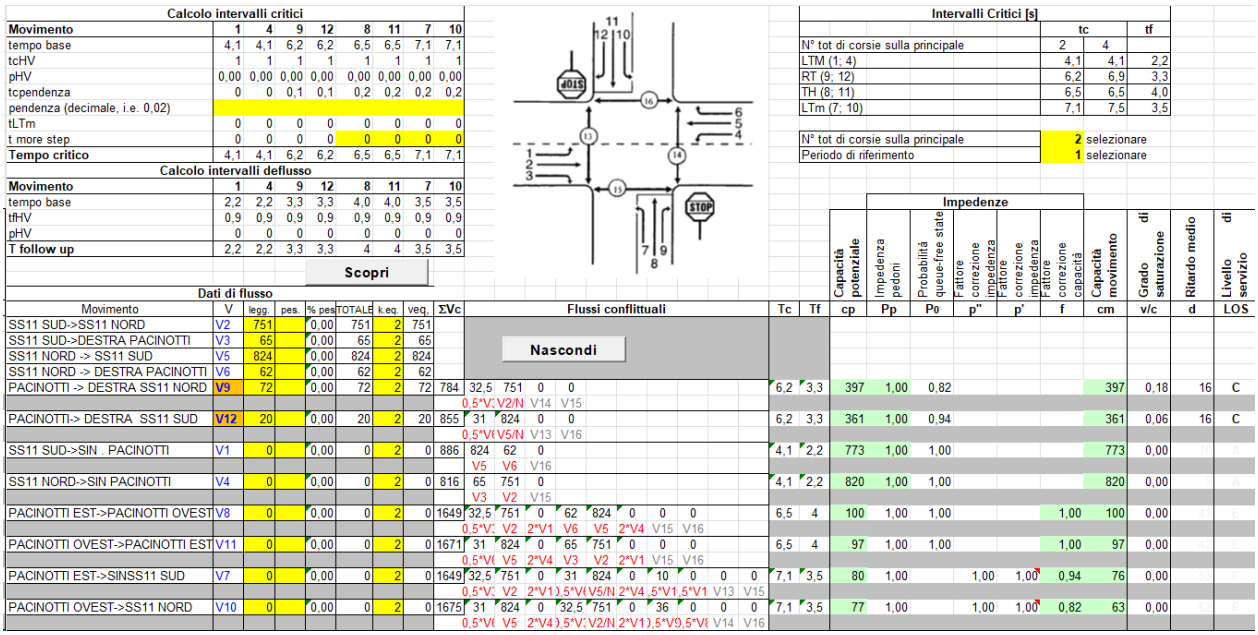


Figura 9: intersezione libera a raso SS11/via Pacinotti (fonte: GoogleMaps)

Applicando il modello HCM per intersezioni a raso libere (4 rami) otteniamo:



Calcolo intervalli critici

Movimento	1	4	9	12	8	11	7	10
tempo base	4,1	4,1	6,2	6,2	6,5	6,5	7,1	7,1
tcHV	1	1	1	1	1	1	1	1
pHV	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
tcpendenza	0	0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
pendenza (decimale, i.e. 0,02)								
tLTm	0	0	0	0	0	0	0	0
t more step	0	0	0	0	0	0	0	0
Tempo critico	4,1	4,1	6,2	6,2	6,5	6,5	7,1	7,1

Calcolo intervalli deflusso

Movimento	1	4	9	12	8	11	7	10
tempo base	2,2	2,2	3,3	3,3	4,0	4,0	3,5	3,5
tfHV	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
pHV	0	0	0	0	0	0	0	0
T follow up	2,2	2,2	3,3	3,3	4	4	3,5	3,5

Scopri

Intervalli Critici [s]

	tc		tf
N° tot di corsie sulla principale	2	4	
LTM (1; 4)	4,1	4,1	2,2
RT (9; 12)	6,2	6,9	3,3
TH (8; 11)	6,5	6,5	4,0
LTm (7; 10)	7,1	7,5	3,5

N° tot di corsie sulla principale	2	selezionare
Periodo di riferimento	1	selezionare

Dati di flusso

Nascondi

Movimento	V	legg.	pes.	% pes	TOTALE	k eq.	veq.	ΣVc	Flussi conflittuali	Tc	Tf	Capacità potenziale cp	Impedenza pedoni Pp	Probabilità queue-free state P0	Fattore correzione impedenza p''	Fattore correzione impedenza p'	Fattore correzione capacità f	Capacità movimento cm	Grado di saturazione v/c	Ritardo medio d	Livello di servizio LOS
SS11 SUD->SS11 NORD	V2	751		0,00	751	2	751														
SS11 SUD->DESTRA PACINOTTI	V3	65		0,00	65	2	65														
SS11 NORD -> SS11 SUD	V5	824		0,00	824	2	824														
SS11 NORD -> DESTRA PACINOTTI	V6	62		0,00	62	2	62														
PACINOTTI -> DESTRA SS11 NORD	V9	72		0,00	72	2	72	784	32,5 751 0 0	6,2	3,3	397	1,00	0,82				397	0,18	16	C
									0,5*V: V2/N V14 V15												
PACINOTTI-> DESTRA SS11 SUD	V12	20		0,00	20	2	20	855	31 824 0 0	6,2	3,3	361	1,00	0,94				361	0,06	16	C
									0,5*V(V5/N V13 V16												
SS11 SUD->SIN . PACINOTTI	V1	0		0,00	0	2	0	886	824 62 0	4,1	2,2	773	1,00	1,00				773	0,00		A
									V5 V6 V16												
SS11 NORD->SIN PACINOTTI	V4	0		0,00	0	2	0	816	65 751 0	4,1	2,2	820	1,00	1,00				820	0,00		A
									V3 V2 V15												
PACINOTTI EST->PACINOTTI OVEST	V8	0		0,00	0	2	0	1649	32,5 751 0 62 824 0 0 0	6,5	4	100	1,00	1,00			1,00	100	0,00		F
									0,5*V: V2 2*V1 V6 V5 2*V4 V15 V16												
PACINOTTI OVEST->PACINOTTI EST	V11	0		0,00	0	2	0	1671	31 824 0 65 751 0 0 0	6,5	4	97	1,00	1,00			1,00	97	0,00		F
									0,5*V(V5 2*V4 V3 V2 2*V1 V15 V16												
PACINOTTI EST->SINSS11 SUD	V7	0		0,00	0	2	0	1649	32,5 751 0 31 824 0 10 0 0 0	7,1	3,5	80	1,00		1,00	1,00	0,94	76	0,00		F
									0,5*V: V2 2*V1 0,5*V(V5/N 2*V4 0,5*V1 0,5*V1 V13 V15												
PACINOTTI OVEST->SS11 NORD	V10	0		0,00	0	2	0	1675	31 824 0 32,5 751 0 36 0 0 0	7,1	3,5	77	1,00		1,00	1,00	0,82	63	0,00		F
									0,5*V(V5 2*V4 0,5*V: V2/N 2*V1 0,5*V9 0,5*V(V14 V16												

Tabella 6: tempi di ritardo e Livelli di Servizio movimenti conflittuali intersezione SS1/Pacinotti nello stato di fatto

Data la disciplina della circolazione sull'intersezione con il divieto delle manovre di svolta a sinistra i movimenti conflittuali sono rappresentati dalle manovre di immissione in mano destra dalla strada laterale (via Pacinotti) sulla SS 11 (V9 e V12).

Per le manovre conflittuali i risultati ottenuti sono:

- V9 Via Pacinotti Est->destra->su SS11 Nord – V/C = 16%, Ritardo: 16", LdS C;
- V12 Via Pacinotti Ovest->destra-> su SS11 Sud – V/C=16%, Ritardo: 16", LdS C.

5.3 Intersezione a rotatoria SS11-via Meucci-via Espinasse

L'intersezione viene disciplinata mediante rotatoria di grandi dimensioni con:

- Raggio interno della corona giratoria di 15.00 m di raggio;
- Corona sormontabile di 2.00 m di larghezza;
- Anello di rotazione di 10.00 m di larghezza;
- Corsie utile dell'anello di rotazione di 9.00 m;
- ingressi per i rami 1, 3 e 4 con doppia corsia di larghezza variabile da 7.00 a 8.00 m;
- ingressi per i rami 2, 5 e 6 con corsia singola di larghezza variabile da 4.00 a 5.00 m;
- uscite a corsia singola con larghezza variabile da 5.00 a 6.00 m;
- Isola direzionali spartitraffico con larghezza compresa tra 7.00 e 10.00 m;
- Raggi di raccordo corsie di ingresso compresi tra 15.00 m e 20.00 m;
- Raggi di raccordo corsie di uscita compresi tra 20.00 e 25.00 m.

Figura 10: intersezione SS11/Espinasse/Padania/Meucci/Marcallo

Applicando SETRA otteniamo:

Modello: SETRA C= (1330-0,7Qd)[1+0,1(ENT -3,5)]

formulazione come riportata nell'allegato 2 normativa regione Lombardia DGR VIII-3219
AMBITO EXTRAURBANO

Braccio	Nomi	ENT	SEP
1	SS11 Sud	8,0	10
2	via Espinasse	5,0	8
3	SS11 Nord	8,0	10
4	Viale Padania	8,0	9
5	Via Meucci	5,0	10
6	via Marcallo	5,0	7

Raggio interno	15
Sormontabile	2
Larghezza anello	10
Larghezza utilizzata	9
Raggio esterno	26

Matrice O/D

		DESTINAZIONE						Tot
	Braccio	1	2	3	4	5	6	origine
ORIGINE	1	0	67	409	269	17	0	762
	2	132	0	210	75	179	2	596
	3	572	51	0	55	88	8	766
	4	249	219	81	0	9	0	558
	5	46	282	60	5	0	2	393
	6	3	0	0	0	6	0	9
Tot destinazione		999	619	760	404	293	12	

Flussi

Braccio	Circolante Qc	Uscente Qs
1	698	999
2	841	619
3	677	760
4	1039	404
5	1304	293
6	560	9

Qd = (Qc +2/3Qu')[1-0,085(ANN-8)]
flusso gênant
traffico di disturbo

Qu' = Qu(15-SEP)/15

Calcolo delle capacità delle entrate

Braccio	C	Qe	Qc	Qu	Qu'	Qd		δ (F/C)	RC %
SS11 Sud	**1074**	762	698	999	333	842		**0,71**	**29%**
via Espinasse	**768**	596	841	619	289	946		**0,78**	**22%**
SS11 Nord	**1143**	766	677	760	253	774		**0,67**	**33%**
Viale Padania	**864**	558	1039	404	162	1049		**0,65**	**35%**
Via Meucci	**521**	393	1304	293	98	1253		**0,75**	**25%**
Via Boffalora	**1115**	12	560	9	5	515		**0,01**	**99%**

Tabella 7: Valori F/C e RC rotatoria SS11-Espinasse-Padania-Meucci-Marcallo nello stato di fatto

Allo stato attuale la saturazione delle singole corsie di ingresso risulta:

- Ramo 1 SS11 Sud: saturazione ingresso: 0,71 Riserva capacità: 29%%
- Ramo 2 Espinasse: saturazione ingresso: 0,78 Riserva capacità: 22%
- Ramo 3 SS11 Nord: saturazione ingresso: 0,67 Riserva capacità: 33%
- Ramo 4 Padania: saturazione ingresso: 0,65 Riserva capacità: 35%
- Ramo 5 Meucci: saturazione ingresso: 0,78 Riserva capacità: 22%%
- Ramo 6 Marcallo: saturazione ingresso: 0,01 Riserva capacità: 99%

Il modello SETRA evidenzia una riserva di capacità (RC) dei rami di ingresso compresa tra il 22% e il 35%. La direttrice principale (SS11) è accreditata di una RC compresa tra il 29% e il 33% e risulta adeguata alla domanda di trasporto che la impegna.

6 DISTRIBUZIONE DEL TRAFFICO INDOTTO

Nelle fasi precedenti sono state definite sia la domanda di trasporto indotta e generata dai nuovi insediamenti previsti, sia la domanda di trasporto che impegna attualmente il comparto viario oggetto dello studio.

Questa fase dello studio risponde alla domanda:

"Da dove viene e dove è diretto l'utente che compie il viaggio? E su quale percorso?"

Per distribuzioni di questa tipologia vengono generalmente utilizzati modelli di derivazione gravitazionale. Nel modello gravitazionale di distribuzione dei viaggi gli spostamenti tra due zone dipendono direttamente dalle attività e dai pesi localizzati (le direttrici di traffico) e sono correlate in modo inversamente proporzionale a una funzione di deterrenza (distanza, tempo) come espresso, ad esempio, in C. J. Khisty, "*Transportation Engineering an Introduction*", Prentice hall, N.Y, in cui:

$$Tij = (PiAj\ F(t)ij\ Kij) / (\sum AjF(t)ij)$$

Dove:

Tij = numero dei viaggi prodotti in zona i e attratti in zona j

Pi = numero dei viaggi in uscita dalla zona i

Aj = numero dei viaggi attratti dalla zona J

F(t)ij = fattore di frizione nello scambio tra i e j (curva di impedenza)

Kij = parametro di normalizzazione dipendente dalla caratteristica dell'area

i = numero zone origine

j = numero zone destinazione

Dalla formulazione precedente si evince che la probabilità di avere un viaggio tra una origine (**i**) e una destinazione (**j**) dipende direttamente dal peso dei nodi attrattori e da una funzione di impedenza che esprime la difficoltà dello spostamento tra **i** e **j** all'aumentare della distanza o del tempo di trasporto. Nel nostro caso avremo da considerare:

- la domanda indotta data dalle attività proprie del Data Center;
- la domanda indotta data dalle attività proprie dei centri contermini.

Utilizzando una distribuzione derivata dal modello gravitazionale per il **Data Center** avremo:

Domanda di trasporto indotta										
Ingressi:	155									
Uscite:	0									
			Ingressi				Uscite			
	ID	Direttrice	Veicoli/ora	Peso %	Imp.	Indotto	Veicoli/ora	Peso %	Imp.	Indotto
	1	SS 11 Nord	885	23,23	1,1	41	825	20,22	1	0
	2	SS536 dir	805	21,13	1	33	1220	29,90	1	0
	3	SP 225	388	10,18	1	16	193	4,73	1	0
	4	SS 11 Sud	488	12,81	1	20	561	13,75	1	0
	5	SS 526	1127	29,58	0,9	41	894	21,91	1	0
	6	via Boffalora	117	3,07	1	5	387	9,49	1	0
			3810	100,00		155	4080	100,00		0

Tabella 8: distribuzione della domanda di trasporto indotta dal Data Center

Figura 11: distribuzione del traffico indotto dal data Center nell'intervallo 7.30-8.30

Mentre per i poli attrattori contermini considerati avremo:

Domanda di trasporto indotta										
Ingressi:	104									
Uscite:	46									
			Ingressi				Uscite			
	ID	Direttrice	Veicoli/ora	Peso %	Imp.	Indotto	Veicoli/ora	Peso %	Imp.	Indotto
	1	SS 11 Nord	885	23,23	1,1	28	825	20,22	1	9
	2	SS536 dir	805	21,13	1	22	1220	29,90	1	14
	3	SP 225	388	10,18	1	11	193	4,73	1	2
	4	SS 11 Sud	488	12,81	1	13	561	13,75	1	6
	5	SS 526	1127	29,58	0,9	28	894	21,91	1	10
	6	via Boffalora	117	3,07	1	3	387	9,49	1	4
			3810	100,00		104	4080	100,00		46

Tabella 9: distribuzione della domanda di trasporto indotta dagli altri poli attrattori contermini

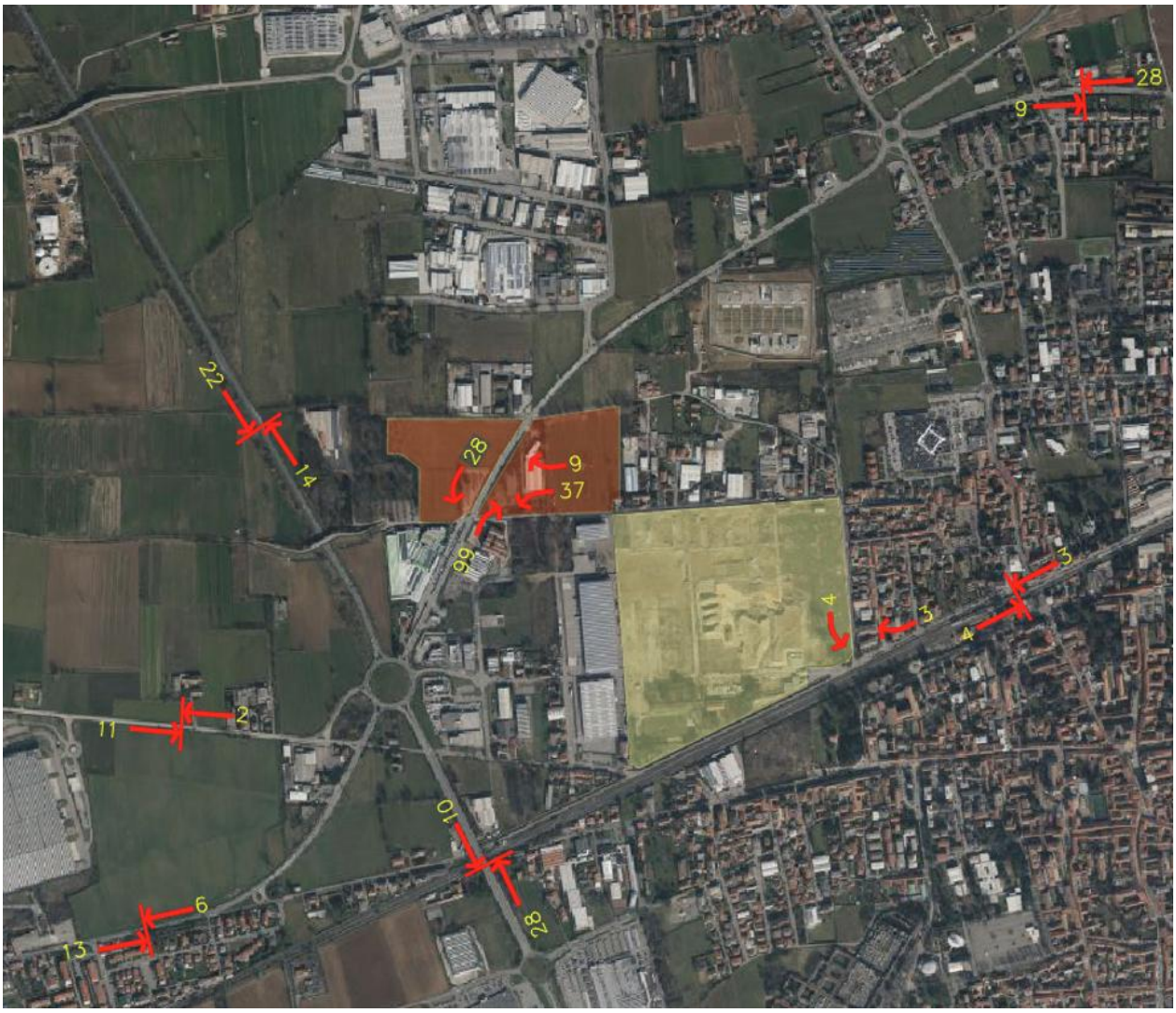


Figura 12: distribuzione del traffico indotto dagli interventi contermini nell'intervallo 7.30-8.30

Sommando i due contributi avremo:

Domanda di trasporto indotta										
Ingressi:	259									
Uscite:	46									
			Ingressi				Uscite			
	ID	Direttrice	Veicoli/ora	Peso %	Imp.	Indotto	Veicoli/ora	Peso %	Imp.	Indotto
	1	SS 11 Nord	885	23,23	1,1	67	825	20,22	1	9
	2	SS536 dir	805	21,13	1	55	1220	29,90	1	14
	3	SP 225	388	10,18	1	26	193	4,73	1	2
	4	SS 11 Sud	488	12,81	1	33	561	13,75	1	6
	5	SS 526	1127	29,58	0,9	69	894	21,91	1	10
	6	via Boffalora	117	3,07	1	8	387	9,49	1	4
			3810	100,00		258	4080	100,00		46

Tabella 10: distribuzione della domanda di trasporto indotta complessiva nell'intervallo di punta del mattino

Riportando i valori complessivi su base cartografica:

Figura 13: ingressi/uscite del traffico indotto lungo le direttrici di traffico

7 FATTIBILITÀ INTERVENTI INFRASTRUTTURALI DI MITIGAZIONE

Il Capitolo 3 "*Domanda di trasporto indotta* "e la Relazione della Commissione Istruttoria Regionale per la V.I.A. hanno evidenziato la necessità di considerare l'eventuale presenza di Piani Attuativi e ambiti di trasformazione del PGT prossimi all'area di intervento. Mentre, il Capitolo 5 "*Livelli di Servizio della rete viaria attuale*" ha evidenziato livelli di riserva di capacità negative per l'intersezione principale del comparto considerato.

Per rispondere a queste criticità sono stati sviluppati schemi progettuali mirati al miglioramento della sicurezza della circolazione e all'aumento di capacità dei nodi interessati. In particolare, schemi di fattibilità relativi:

- All'intersezione tra la SS336dir-SS526-SS11-SP225-via Boffalora in relazione alle riserve di capacità negative evidenziate da SETRA;
- All'intersezione tra la SS11 – via Pacinotti in relazione alla localizzazione della Media Struttura di Vendita (MSV) nell'area "Ex Bruno Romeo" e del Mix Funzionale ambito AR7.

La valutazione dello scenario di progetto ha considerato anche lo stralcio funzionale prioritario di attuazione del Collegamento tra la SS 11 "Padana Superiore" a Magenta e la Tangenziale ovest di Milano, con Variante di Abbiategrasso e adeguamento in sede fino al nuovo Ponte sul Fiume Ticino di Vigevano.

Lo studio di traffico che accompagnava il progetto dello stralcio funzionale (2017) definiva la domanda di spostamento passeggeri espressa dal territorio lombardo facendo riferimento alla matrice O/D predisposta dalla Regione Lombardia nel 2002.

Per l'intersezione critica del comparto (SS11/SS336dir/SS526/SP225/via Boffalora) lo studio assegnava 3.344 veicoli/ora nello scenario al T0 e 3.314 nello scenario programmatico con una variazione pari al -0,89%.

Figura 14: domanda di trasporto collegamento SS11 – Tang. Ovest Milano – Stato di fatto (fonte:Anas SpA)

Figura 15: Domanda di trasporto collegamento SS11 – Tang. Ovest Milano – Stato Programmatico (fonte:Anas SpA)

Lo scenario di progetto adottato, basato su dati 2024, riporta valori superiori del 20% circa e quindi si configura come scenario cautelativo anche in riferimento di questo scenario programmatico.

Relativamente alla "Variante di Pontenuovo" prevista da ANAS nel medesimo progetto, si rimanda al paragrafo 8.2 per le considerazioni in merito al relativo impatto sul presente studio.

7.1 Intersezione a rotatoria SS336dir-SS11-SP225-SS526-via Boffalora

La verifica statica dei LdS per l'intersezione ha evidenziato riserve di capacità insufficienti. Allo scopo di confrontarsi con gli effetti generati dalla domanda di trasporto indotta, per ottemperare ad alcune delle indicazioni della **Relazione Istruttoria** e per sviluppare i contenuti specifici di questa comunicazione è stato affrontato il tema delle modifiche geometriche da apportare alla rotatoria attuale tra **SS 11-SS 536dir-SP 225-SS 536-via Boffalora**. Lo studio di fattibilità è stato mirato all'aumento di capacità degli elementi di rete, al miglioramento dei rapporti V/C e alla sicurezza della circolazione. Le modifiche geometriche apportate riguardano:

- La creazione della doppia corsia di ingresso per il ramo 1 SS11 Nord;
- La creazione della doppia corsia di ingresso per il ramo 2 SS336dir;
- La creazione della doppia corsia di ingresso per il ramo 3 SP525;
- La creazione della doppia corsia di ingresso per il ramo 4 SS11 Sud;
- La creazione della doppia corsia di ingresso per il ramo 5 SS526;
- L'ampliamento della larghezza del fronte delle isole direzionali spartitraffico;
- Una maggiore ampiezza dei raggi di raccordo in ingresso e uscita.

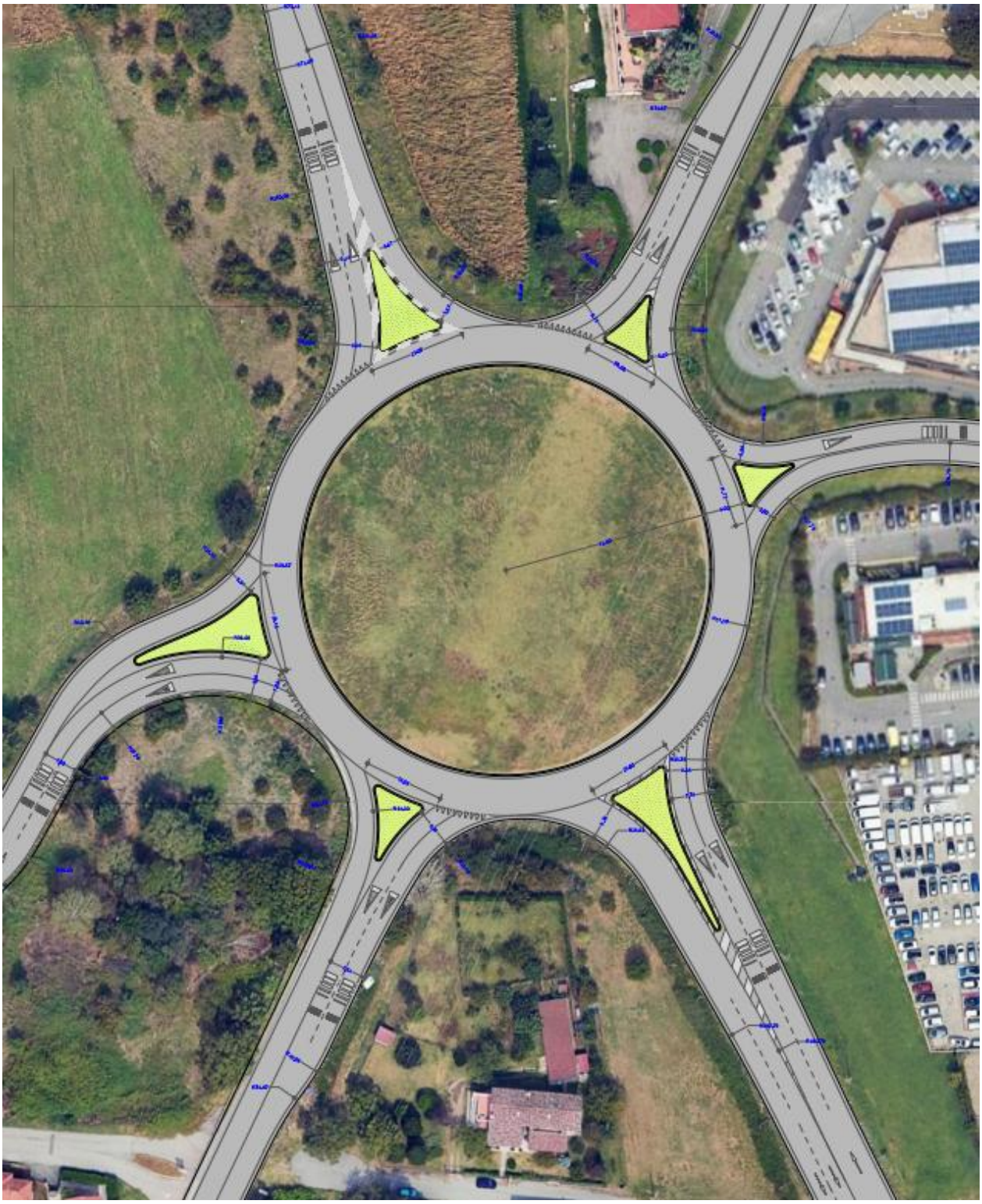


Figura 16: planimetria generale di progetto

Figura 17: dettaglio area Nord

Figura 18: dettaglio area Sud

In particolare, le modifiche apportate all'infrastruttura nell'ipotesi sono state:

- Raggio interno della corona giratoria non modificato;
- Anello di rotazione non modificato;
- Corsia utile dell'anello di rotazione non modificata;
- Doppia corsia di ingresso ramo 1 larghezza 3.50 m per corsia;
- Doppia corsia di ingresso ramo 2 larghezza 3.50 m per corsia;
- Doppia corsia di ingresso ramo 3 larghezza 3.50 m per corsia;
- Doppia corsia di ingresso ramo 4 larghezza 3.50 m per corsia;
- Doppia corsia di ingresso ramo 5 larghezza 3.50 m per corsia;
- Ampliamento fronte isole direzionali a 12.00-23.00 m;
- Ampliamento raggi raccordo corsie di ingresso (20,00-30,00 m);
- Ampliamento raggi raccordo corsie di uscita (23,00-32,00 m);
- Lunghezza doppia corsia ramo 1 pari a 50,00 m;
- Lunghezza doppia corsia ramo 2 pari a 70,00 m;
- Lunghezza doppia corsia ramo 3 pari a 70,00 m;
- Lunghezza doppia corsia ramo 4 pari a 120,00 m;
- Potenziamento della segnaletica orizzontale di sicurezza.

7.2 Intersezione a raso SS11-via Pacinotti

Per la riorganizzazione dell'intersezione è stata adottata la soluzione proposta e approvata per l'intervento d localizzazione della MSV e del Mix Funzionale di attività indicato in precedenza. Il Piano Attuativo in Variante di PGT Area "Ex Bruno Romeo" proponeva il seguente assetto stradale.

Figura 19: rotatoria SS11-Pacinotti proposto da P.A. "Area ex Bruno Romeo" (Fonte: P.A.)

La proposta progettuale prevede la realizzazione di una rotatoria convenzionale di forma allungata con l'obiettivo di raccordare l'intersezione a rami sfalsati. I dati geometrici risultano:

- Raggio interno minore dell'isola centrale 15.00 m;
- Raggio interno maggiore dell'isola centrale 25.00 m;
- Corona sormontabile non presente;
- Anello di rotazione di 11.00 m di larghezza;
- Corsie utile dell'anello di rotazione di 9.00 m;
- Doppia corsia di ingresso lunga l'asse della SS11 di 8.00 m;
- Corsia di ingresso singola per i rami rimanenti di 5.00 m;
- uscite a corsia singola con larghezza variabile da 5.00 a 6.00 m;
- Isola direzionali spartitraffico con larghezza compresa tra 7.00 e 10.00 m;
- Raggi di raccordo corsie di ingresso compresi tra 15.00 m e 20.00 m;
- Raggi di raccordo corsie di uscita compresi tra 20.00 e 25.00 m.

8 LIVELLI OPERATIVI DI SERVIZO (LdS) SCENARIO DI PROGETTO

Lo scenario di progetto è dato dalla somma dei contributi, in termini di traffico indotto, dovuto alla realizzazione del Data Center e dei due Ambiti considerati. L'assetto di rete utilizzato è quello descritto nel capitolo precedente.

8.1 Intersezione a rotatoria SS336dir-SS11-SP225-SS526-via Boffalora

Verificando con SETRA le modifiche geometriche introdotte e utilizzando la domanda di trasporto prevista nello scenario di progetto (+ 216 veicoli/ora) otteniamo:

Modello: SETRA C= (1330-0,7Qd)[1+0,1(ENT -3,5)]

formulazione come riportata nell'allegato 2 normativa regione Lombardia DGR VIII-3219

AMBITO EXTRAURBANO

Braccio	Nomi	ENT	SEP
1	SS11 Nord	8,0	20
2	SS336 Dir	8,0	22
3	SP225	5,0	20
4	SS11 Sud	8,0	20
5	SS526	8,0	23
6	via Boffalora	4,5	12

Raggio interno	42,5
Sormontabile	0
Larghezza anello	9
Larghezza utilizzata	9
Raggio esterno	51,5

Matrice O/D

		DESTINAZIONE						Tot
	Braccio	1	2	3	4	5	6	origine
ORIGINE	1	0	170	92	359	251	64	872
	2	320	0	8	136	396	42	860
	3	290	13	0	6	106	34	415
	4	163	189	14	0	139	85	505
	5	227	847	76	46	0	156	1196
	6	23	38	13	13	30	0	117
Tot destinazione		1000	1219	190	547	892	381	

Flussi Braccio	Circolante Qc	Uscente Qs
1	1185	1000
2	838	1219
3	1508	190
4	1376	547
5	989	892
6	560	117

Qd = (Qc +2/3Qu')[1-0,085(ANN-8)]
flusso gênant
traffico di disturbo

Qu' = Qu(15-SEP)/15

Calcolo delle capacità delle entrate

Braccio	C	Qe	Qc	Qu	Qu'	Qd		δ (F/C)	RC %
SS11 Nord	**1034**	871,75	1185	1000	-333	881		**0,84**	**16%**
SS336 Dir	**1502**	860	838	1218,75	-569	420		**0,57**	**43%**
SP225	**450**	415	1508	190	-63	1341		**0,92**	**8%**
SS11 Sud	**763**	505	1376	547	-182	1148		**0,66**	**34%**
SS526	**1305**	1196	989	892	-476	615		**0,92**	**8%**
Via Boffalora	**1057**	381	560	117	23	527		**0,36**	**64%**

Tabella 11: Valori F/C e RC rotatoria SS11-SS336-SP225_SS526-Boffalora modificata e O/D di progetto

Nello scenario di progetto la saturazione dei rami di ingresso risulta:

- Ramo 1 SS11 Nord: saturazione ingresso: 0,84 Riserva capacità: 26%
- Ramo 2 SS336 dir: saturazione ingresso: 0,57 Riserva capacità: 43%
- Ramo 3 SP 225: saturazione ingresso: 0,92 Riserva capacità: 8%
- Ramo 4 SS11 Sud: saturazione ingresso: 0,34 Riserva capacità: 34%
- Ramo 5 SS526: saturazione ingresso: 0,92 Riserva capacità: 8%
- Ramo 6 Boffalora: saturazione ingresso: 0,36 Riserva capacità: 64%

Utilizzando la geometria proposta nel Capitolo 7 "*Interventi Infrastrutturali di mitigazione*" il modello mostra ancora risultati non ancora soddisfacenti per i rami della SP 225 e per la SS 526 che presentano riserve di capacità nel campo positivo ma non sufficienti.

Utilizzando il modello in modo interattivo e inserendo la doppia corsia di accesso per la SP 225 e una maggiore ampiezza del fronte delle isole direzionali spartitraffico come descritto di seguito otteniamo:

Figura 20: assetto modificato secondo indicazioni del modello SETRA

Otteniamo:

Modello: SETRA C= (1330-0,7Qd)[1+0,1(ENT -3,5)]

formulazione come riportata nell'allegato 2 normativa regione Lombardia DGR VIII-3219

AMBITO EXTRAURBANO

Braccio	Nomi	ENT	SEP
1	SS11 Nord	8,0	23
2	SS336 Dir	8,0	23
3	SP225	8,0	23
4	SS11 Sud	8,0	23
5	SS526	8,0	28
6	via Boffalora	4,5	12

Raggio interno	42,5
Sormontabile	0
Larghezza anello	9
Larghezza utilizzata	9
Raggio esterno	51,5

Matrice O/D

		DESTINAZIONE						Tot
	Braccio	1	2	3	4	5	6	origine
ORIGINE	1	0	170	92	359	251	64	872
	2	320	0	8	136	396	42	860
	3	290	13	0	6	106	34	415
	4	163	189	14	0	139	85	505
	5	227	847	76	46	0	156	1196
	6	23	38	13	13	30	0	117
Tot destinazione		1000	1219	190	547	892	381	

Flussi Braccio	Circolante Qc	Uscente Qs
1	1185	1000
2	838	1219
3	1508	190
4	1376	547
5	989	892
6	560	117

Qd = (Qc +2/3Qu')[1-0,085(ANN-8)]
flusso gênant
traffico di disturbo

Qu' = Qu(15-SEP)/15

Calcolo delle capacità delle entrate

Braccio	C	Qe	Qc	Qu	Qu'	Qd		δ (F/C)	RC %
SS11 Nord	**1158**	871,75	1185	1000	-533	759		**0,75**	**25%**
SS336 Dir	**1553**	860	838	1218,75	-650	370		**0,55**	**45%**
SP225	**591**	415	1508	190	-101	1318		**0,70**	**30%**
SS11 Sud	**831**	505	1376	547	-292	1081		**0,61**	**39%**
SS526	**1489**	1196	989	892	-773	433		**0,80**	**20%**
Via Boffalora	**1057**	381	560	117	23	527		**0,36**	**64%**

Tabella 12: valori F/C e RC rotatoria SS11/SS526/SS336dir/SP225/Boffalora modificata

Nello scenario di progetto la saturazione dei rami di ingresso risulta:

- Ramo 1 SS11 Nord: saturazione ingresso: 0,75 Riserva capacità: 25%
- Ramo 2 SS336 dir: saturazione ingresso: 0,55 Riserva capacità: 45%
- Ramo 3 SP 225: saturazione ingresso: 0,70 Riserva capacità: 30%
- Ramo 4 SS11 Sud: saturazione ingresso: 0,61 Riserva capacità: 39%
- Ramo 5 SS526: saturazione ingresso: 0,80 Riserva capacità: 20%
- Ramo 6 Boffalora: saturazione ingresso: 0,36 Riserva capacità: 64%

Per ottenere riserve di capacità positive e compatibili con la domanda di trasporto prevista il modello SETRA suggerisce la doppia corsia di ingresso anche per la SP 225 e di aumentare la larghezza del fronte delle isole direzionali spartitraffico.

8.2 Scenario di traffico con Collegamento Magenta-Vigevano SS11/494

Infine, è stata condotta una verifica sulle prestazioni della rotatoria in relazione alla realizzazione del collegamento Magenta-Vigevano SS11/494 previsto da ANAS.

Nella presentazione dell'intervento da parte di ANAS si legge:

"L'itinerario

L'opera è inquadrata nel complesso di interventi di adeguamento e potenziamento della viabilità di connessione all'Aeroporto di Malpensa, volti a migliorare l'accessibilità veloce all'aerostazione dal bacino Sud-Ovest milanese.

Il piano commissariale

Il piano prevede la realizzazione del 1° stralcio funzionale, da Magenta a Vigevano, del collegamento tra la SS 11 e la Tangenziale Ovest di Milano. Tale stralcio è costituito dalla Tratta A "Magenta – Albairate", dalla "Variante di Pontenuovo" e dalla Tratta C "Albairate – Ozzero". Il progetto evidenzia una notevole capacità di riduzione dei tempi di percorrenza tra Magenta e Vigevano e un sensibile miglioramento dei livelli di servizio della circolazione.

Descrizione dell'opera

Il progetto prevede, per entrambi i tratti e per la variante di Pontenuovo, una sezione a unica carreggiata di categoria C1 secondo il D.M. 05/11/2001, con una corsia per senso di marcia e banchina laterale. La nuova opera è compresa tra i Comuni di: Magenta, Boffalora Sopra Ticino, Robecco sul Naviglio, Cassinetta di Lugagnano, Albairate, Abbiategrasso ed Ozzero, tutti in ambito della Città Metropolitana di Milano."

Figura 21: Mappa tratto di collegamento SS11/494 (fonte: Anas SpA)

L'obiettivo di alleggerire la domanda di trasporto lungo la SS11 e proteggere il centro urbano di Pontenuovo modifica la matrice O/D della rotatoria con un possibile spostamento dei flussi in direzione della SP 225.

Di conseguenza, il modello è stato aggiornato utilizzando il gravitazionale utilizzato in precedenza e assegnando i flussi in funzione del peso delle direttrici di traffico. Nella figura successiva si riportano i veicoli i più e in meno assegnati ai singoli movimenti di svolta a seguito della realizzazione del collegamento ANAS.

Figura 22: veicoli in più e in meno assegnati ai movimenti di svolta dopo l'aperura del collegamento ANAS

Applicando SETRA nello scenario i risultati ottenuti sono stati:

- Ramo 1 SS11 Nord: saturazione ingresso: 0,75 Riserva capacità: 25%
- Ramo 2 SS336 dir: saturazione ingresso: 0,55 Riserva capacità: 45%
- Ramo 3 SP 225: saturazione ingresso: 0,65 Riserva capacità: 35% (30%)
- Ramo 4 SS11 Sud: saturazione ingresso: 0,58 Riserva capacità: 42% (39%)
- Ramo 5 SS526: saturazione ingresso: 0,80 Riserva capacità: 20%
- Ramo 6 Boffalora: saturazione ingresso: 0,36 Riserva capacità: 64%

Il miglioramento dei rami 3 e 4 non sembra dipendere linearmente dalla distribuzione sulle singole corsie di ingresso, bensì dal diverso peso dei veicoli circolanti sulla corona giratoria con una diminuzione delle interferenze derivanti dal maggiore utilizzo della SP225 anche in uscita.

Modello: SETRA C= (1330-0,7Qd)[1+0,1(ENT -3,5)]

formulazione come riportata nell'allegato 2 normativa regione Lombardia DGR VIII-3219

AMBITO EXTRAURBANO

Braccio	Nomi	ENT	SEP
1	SS11 Nord	8,0	23
2	SS336 Dir	8,0	23
3	SP225	8,0	23
4	SS11 Sud	8,0	23
5	SS526	8,0	28
6	via Boffalora	4,5	12

Raggio interno	42,5
Sormontabile	0
Larghezza anello	9
Larghezza utilizzata	9
Raggio esterno	51,5

Matrice O/D

		DESTINAZIONE						Tot
	Braccio	1	2	3	4	5	6	origine
ORIGINE	1	0	170	233	218	251	64	872
	2	320	0	76	68	396	42	860
	3	322	118	0	6	106	34	552
	4	131	84	14	0	139	85	368
	5	227	847	76	46	0	156	1196
	6	23	38	13	13	30	0	117
Tot destinazione		1000	1219	399	338	892	381	

Flussi Braccio	Circolante Qc	Uscente Qs
1	1185	1000
2	838	1219
3	1299	399
4	1513	338
5	989	892
6	560	117

Qd = (Qc +2/3Qu')[1-0,085(ANN-8)]
flusso gênant
traffico di disturbo

Qu' = Qu(15-SEP)/15

Calcolo delle capacità delle entrate

Braccio	C	Qe	Qc	Qu	Qu'	Qd		δ (F/C)	RC %	
SS11 Nord	**1158**	871,75	1185	1000	-533	759		**0,75**	**25%**	
SS336 Dir	**1553**	860	838	1218,75	-650	370		**0,55**	**45%**	
SP225	**854**	552	1299	399	-213	1059		**0,65**	**35%**	5%
SS11 Sud	**635**	368	1513	338	-180	1274		**0,58**	**42%**	3%
SS526	**1489**	1196	989	892	-773	433		**0,80**	**20%**	
Via Boffalora	**1057**	381	560	117	23	527		**0,36**	**64%**	

Tabella 13: valori F/C e RC rotatoria con O/D per lo scenario SS11/394

8.3 Intersezione a rotatoria SS11-via Pacinotti

Verificando con SETRA la nuova rotatoria proposta dal P.A. “Area Ex Bruno Romeo” e utilizzando la domanda di trasporto per lo scenario di progetto otteniamo.

Modello: SETRA C= (1330-0,7Qd)[1+0,1(ENT -3,5)]

formulazione come riportata nell'allegato 2 normativa regione Lombardia DGR VIII-3219

AMBITO EXTRAURBANO

Braccio	Nomi	ENT	SEP
1	PACINOTTI EST	5,0	11
2	SS 11 NORD	8,0	10
3	AREA AT7	5,0	6
4	PACINOTTI OVEST	5,0	11
5	SS 11 SUD	8,0	10

Raggio interno	15
Sormontabile	0
Larghezza anello	10
Larghezza utilizzata	9
Raggio esterno	24

Matrice O/D

		DESTINAZIONE					Tot origine
	Braccio	1	2	3	4	5	
ORIGINE	1	0	66	9	0	52	127
	2	69	0	20	0	762	851
	3	2	12	0	1	20	35
	4	1	2	1	0	20	24
	5	241	751	10	0	0	1002
Tot destinazione		313	831	40	1	854	

Flussi Braccio	Circolante Qc	Uscente Qs
1	776	313
2	72	831
3	883	40
4	917	1
5	87	854

Qd = (Qc +2/3Qu')[1-0,085(ANN-8)]
flusso gênant
traffico di disturbo

Qu' = Qu(15-SEP)/15

Calcolo delle capacità delle entrate

Braccio	C	Qe	Qc	Qu	Qu'	Qd	∂(F/C)	RC %
PACINOTTI EST	**917**	127	776	313	83	761	**0,14**	**86%**
SS 11 NORD	**1690**	851	72	831	277	235	**0,50**	**50%**
AREA AT7	**867**	35	883	40	24	823	**0,04**	**96%**
PACINOTTI OVEST	**854**	24	917	1	0	839	**0,03**	**97%**
SS 11 SUD	**1671**	1002	87	854	285	253	**0,60**	**40%**

Tabella 14: valori F/C e RC rotatoria SS11/via Pacinotti con O/D di progetto

Nello scenario di progetto la saturazione dei rami di ingresso risulta:

- Ramo 1 Pacinotti Est: saturazione ingresso: 0,14 Riserva capacità: 86%
- Ramo 2 SS 11 Nord: saturazione ingresso: 0,50 Riserva capacità: 50%
- Ramo 3 Area AT7: saturazione ingresso: 0,04 Riserva capacità: 96%
- Ramo 4 Pacinotti Ovest: saturazione ingresso: 0,03 Riserva capacità: 97%
- Ramo 5 SS 11 Sud: saturazione ingresso: 0,60 Riserva capacità: 40%%

Data la domanda di trasporto stimata per l'intervallo di punta del mattino la geometria della rotatoria proposta dal P.A. approvato risulta essere in grado di assicurare riserve di capacità conformi alla classe degli assi stradali considerati.

8.4 Intersezione a rotatoria SS11-Espinasse-Padania-Meucci-Marcallo

Per la rotatoria le verifiche quantitative statiche sono state condotte confrontando la geometria attuale con la domanda di trasporto stimata per lo scenario di progetto. I risultati ottenuti sono:

Modello: SETRA C= (1330-0,7Qd)[1+0,1(ENT -3,5)]

formulazione come riportata nell'allegato 2 normativa regione Lombardia DGR VIII-3219
AMBITO EXTRAURBANO

Braccio	Nomi	ENT	SEP
1	SS11 Sud	8,0	10
2	via Espinasse	5,0	8
3	SS11 Nord	8,0	10
4	Viale Padania	8,0	9
5	Via Meucci	5,0	10
6	via Marcallo	5,0	7

Raggio interno	15
Sormontabile	2
Larghezza anello	10
Larghezza utilizzata	9
Raggio esterno	26

Matrice O/D

		DESTINAZIONE						Tot
	Braccio	1	2	3	4	5	6	origine
ORIGINE	1	0	67	418	269	17	0	771
	2	132	0	210	75	179	2	596
	3	613	51	0	55	88	8	807
	4	277	219	81	0	9	0	586
	5	46	282	60	5	0	2	393
	6	3	0	0	0	6	0	9
Tot destinazione		1068	619	769	404	293	12	

Flussi Braccio	Circolante Qc	Uscente Qs
1	698	1068
2	850	619
3	677	769
4	1080	404
5	1373	293
6	560	9

Qd = (Qc +2/3Qu')[1-0,085(ANN-8)]
flusso gênant
traffico di disturbo

Qu' = Qu(15-SEP)/15

Calcolo delle capacità delle entrate

Braccio	C	Qe	Qc	Qu	Qu'	Qd		δ (F/C)	RC %
SS11 Sud	**1060**	771	698	1068	356	856		**0,73**	**27%**
via Espinasse	**762**	596	850	619	289	954		**0,78**	**22%**
SS11 Nord	**1141**	807	677	769	256	776		**0,71**	**29%**
Viale Padania	**825**	586	1080	404	162	1087		**0,71**	**29%**
Via Meucci	**470**	393	1373	293	98	1316		**0,84**	**16%**
Via Boffalora	**1115**	12	560	9	5	515		**0,01**	**99%**

Tabella 15: valori F/C e R/C rotatoria SS11-Espinasse/Padania/Meucci/Marcallo nello scenario di progetto

I valori di RC ottenuto per lo scenario di progetto sono:

- Ramo 1 SS11 Sud: saturazione ingresso: 0,73 Riserva capacità: 27%%
- Ramo 2 Espinasse: saturazione ingresso: 0,78 Riserva capacità: 22%
- Ramo 3 SS11 Nord: saturazione ingresso: 0,71 Riserva capacità: 29%
- Ramo 4 Padania: saturazione ingresso: 0,71 Riserva capacità: 29%
- Ramo 5 Meucci: saturazione ingresso: 0,84 Riserva capacità: 16%%
- Ramo 6 Marcallo: saturazione ingresso: 0,01 Riserva capacità: 99%

Il modello SETRA evidenzia una riserva di capacità (RC) dei rami di ingresso compresa tra il 16% e il 29%. La direttrice principale (SS11) è accreditata di una RC compresa tra il 27% e il 29%.

9 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Lo Studio di Traffico presentato nelle pagine precedenti si configurava come integrazione al precedente Studio allegato al "Procedimento di verifica di assoggettabilità relativo al progetto "Polo Alta Tecnologia Ex Novaceta AR2 del PGT di Magenta".

Obiettivi dell'integrazione erano sia la ricerca di un assetto di rete compatibile con Livelli di Servizio della rete viaria adeguati alla classe delle strade considerate, sia l'ottemperanza alle osservazioni contenute nella **Relazione Istruttoria** approvata dalla Commissione Istruttoria Regionale per la V.I.A. nella seduta n. 5 del 13.03.2025, ai sensi dell'Art. 7 del r.r. 2/2020.

Lo studio integrativo è stato sviluppato per fasi secondo lo schema seguente:

1. Definizione della domanda di trasporto indotta dalla localizzazione del Data Center e degli Ambiti di Trasformazione contigui (P.A. "Area Ex Bruno Romeo, Area "AT7");
2. Definizione della domanda di trasporto che impegna il comparto viario di studio (dati 2024);
3. Verifica dei Livelli Operativi di Servizio (LdS) degli elementi di rete attuali e ricerca delle criticità;
4. Distribuzione e assegnazione del traffico indotto (distribuzione di tipo gravitazionale);
5. Definizione degli interventi infrastrutturali di mitigazione;
6. Verifica dei LdS per lo scenario di progetto.

Per quanto attiene la definizione della domanda di trasporto indotta e trattando la localizzazione di un Data Center l'intervallo di punta considerato è stato quello mattutino considerando l'ingresso degli addetti. A questi sono stati sommati i movimenti dovuti agli ambiti P.A e AT7 dando origine a una domanda complessiva di 258 veicoli/ora in ingresso al comparto e 46 in uscita che distribuiti lungo le diverse direttrici corrispondevano a 22-28 veicoli/ora aggiuntivi.

I dati di traffico rilevati hanno evidenziato la presenza di direttrici dominanti lungo l'asse della SS 11 e lungo l'asse SS526/SS336dir. Modesto il contributo delle strade laterali.

Durante le fasi di verifica del comportamento della rete attuale (calcolo dei Livelli di Servizio) sono emerse alcune criticità riguardanti:

- l'intersezione a rotatoria SS11/SS526/SS336dir/SP225/Boffalora a causa di riserve di capacità negative;
- l'intersezione a raso libera SS11/Pacinotti dovute più che altro a un tema di sicurezza.

Si evidenzia che l'afflusso di traffico legato al datacenter (155 veicoli nell'ora di punta per l'intero campus, corrispondenti a circa 30 veicoli per la sola fase 1), costituiscono un apporto irrilevante in considerazione della domanda di trasporto attuale della rotonda, che ammonta a circa 4000 veicoli/ora, specie per gli interventi previsti nella fase 1.

Per rimediare a queste criticità e per mitigare le ulteriori esternalità negative dovute alla domanda di trasporto indotta sono stati proposti alcuni schemi di fattibilità relativi:

- All'aumento di capacità della rotatoria di grandi dimensioni posta all'intersezione delle Strade Statali;
- All'inserimento di una rotatoria convenzionale all'intersezione SS11/Pacinotti proposta dal P.A. approvato per l'Area "Ex Bruno Romeo".

Infine, è stato valutato uno scenario relativo all'inserimento del collegamento SS11/494 previsto da ANAS. I valori ottenuti mostrano un miglioramento per alcuni di rami di ingresso (ramo 3 e 4) e il mantenimento dei precedenti LdS stimati per lo scenario di progetto frutto di interventi puntuali.

Il nuovo assetto di rete proposto, raggiunto attraverso diversi affinamenti geometrici, appare in grado sia assorbire i valori di capacità negativi riscontrati ella verifica dello stato di fatto, sia la domanda di trasporto indotta garantendo riserve di capacità positive sui diversi rami delle intersezioni considerate.

10 METODI

Il calcolo dei LIVELLI Operativi di Servizio (LdS) ha interessato i seguenti elementi di rete:

- Tratti rettilinei;
- Intersezioni libere a raso;
- Intersezioni a rotatoria

L'analisi delle prestazioni delle diverse componenti del sistema viario viene sviluppata facendo riferimento alla condizione di area urbana con flusso interrotto (intersezioni). La verifica delle prestazioni delle strade con flusso interrotto si riconduce sostanzialmente al livello di servizio delle intersezioni.

Riguardo ai metodi e alle tecniche quantitative utilizzati si fa riferimento a quanto presente in letteratura a partire da:

- algoritmi e modelli di stima dei Livelli di Servizio su intersezioni a raso libere proposti da HCM 1985 e HCM 2000 (Transportation Research Board – National Research Council – HCN 2000);
- algoritmi e modelli di calcolo delle riserve di capacità e dei tempi di ritardo su intersezioni a rotatoria proposto originariamente da DSTR *Division Sécurité et techniques routière* Cetra de l'Ouest - Setra-Certu in *Programme de calcul de capacité des carrefour giratoires* e contenuto nella DGR 27/09/2006 n. 8/3219 di Regione Lombardia;
- metodo per la verifica dei livelli di servizio su intersezioni a raso semaforizzate, proposto da Webster/Doherty in "Traffic Signals Settings", Road Research Technical Paper 39, HMSO, London.
-

10.1 Livelli di servizio su tratte stradali

La metodologia indicata da HCM per la determinazione dei Livelli di Servizio su tratte stradali si suddivide in:

- Metodi per la determinazione dei LdS su tratte a carreggiata separata (Multilane Higway);
- Metodi per la determinazione dei LdS su tratte a carreggiata unica (Two-lane Higway).

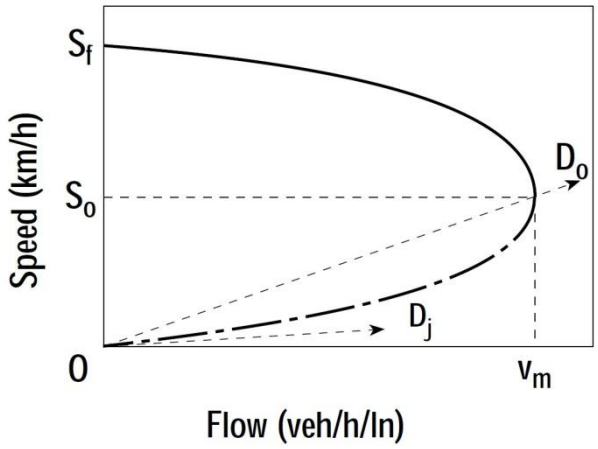
Nella metodologia le caratteristiche del deflusso dei veicoli sono analizzate in condizioni di:

- Sottosaturazione;
- Scarico di coda;
- Sovrasaturazione.

Per condizioni di sottosaturazione il deflusso in un punto non è condizionato dalle condizioni di monte o di valle (non si verifica la presenza di onde di shock).

Per condizioni di scarico di coda il deflusso è condizionato dal verificarsi di colli di bottiglia con aumento repentino della portata e della velocità.

Per condizioni di sovrasaturazione il deflusso a monte di un collo di bottiglia o di una interruzione è influenzato dalla perturbazione e l'onda di shock si propaga risalendo la corrente. La relazione Flusso/Velocità è del tipo:



Per tratte a carreggiata unica valgono le seguenti regole:

- Strade a carreggiata unica e doppio senso di marcia;
- Le condizioni di deflusso in una direzione sono influenzate dal flusso in entrambe le direzioni e dalle caratteristiche del tracciato (condizioni di flusso interrotto);
- Il LDS richiede l'applicazione di equazioni diverse dalle precedenti (flusso ininterrotto).

I fattori che influenzano il LdS sono:

- Possibilità di superare veicoli più lenti;
- Entità del Flusso;
- Velocità del Flusso;
- % di tempo trascorsa in attesa di effettuare un sorpasso (PTSF);
- tipologia di strada (strade principali e strade secondario).

Il meccanismo di sorpasso dipende da:

- entità e tipologia flusso opposto;
- possibilità di sorpasso (linea mediana continua);
- velocità del veicolo da superare;
- caratteristiche del tracciato.

Calcolo di FFS (Free Flow Speed):

$$FFS = BFFS - f_{LS} - f_A$$

dove:

BFFS = FFS di base (km/h);
f_{LS} = fattore correttivo per larghezza corsia e banchina;
f_A = fattore correttivo per presenza di accessi a raso.

EXHIBIT 20-5. ADJUSTMENT (f_{LS}) FOR LANE WIDTH AND SHOULDER WIDTH

	Reduction in FFS (km/h)			
	Shoulder Width (m)			
Lane Width (m)	≥ 0.0 < 0.6	≥ 0.6 < 1.2	≥ 1.2 < 1.8	≥ 1.8
2.7 < 3.0	10.3	7.7	5.6	3.5
≥ 3.0 < 3.3	8.5	5.9	3.8	1.7
≥ 3.3 < 3.6	7.5	4.9	2.8	0.7
≥ 3.6	6.8	4.2	2.1	0.0

Tabella 16: fattore correttivo per larghezza corsia e banchina

EXHIBIT 20-6. ADJUSTMENT (f_A) FOR ACCESS-POINT DENSITY

Access Points per km	Reduction in FFS (km/h)
0	0.0
6	4.0
12	8.0
18	12.0
≥ 24	16.0

Tabella 17: fattore correttivo per numero di accessi a raso

Determinazione tasso di flusso Vp:

$$Vp = \frac{V}{PHF * f_{HV} * f_G}$$

dove:

V = flusso orario (veic/h);
PHF = fattore ora di punta;
f_{HV} = fattore correttivo per veicoli pesanti;
f_G = fattore correttivo per pendenza media della strada.

Il fattore f_G è determinabile con le seguenti tabelle:

EXHIBIT 20-7. GRADE ADJUSTMENT FACTOR (f_G) TO DETERMINE SPEEDS ON TWO-WAY AND DIRECTIONAL SEGMENTS

		Type of Terrain	
Range of Two-Way Flow Rates (pc/h)	Range of Directional Flow Rates (pc/h)	Level	Rolling
0–600	0–300	1.00	0.71
> 600–1200	> 300–600	1.00	0.93
> 1200	> 600	1.00	0.99

EXHIBIT 20-8. GRADE ADJUSTMENT FACTOR (f_G) TO DETERMINE PERCENT TIME-SPENT-FOLLOWING ON TWO-WAY AND DIRECTIONAL SEGMENTS

		Type of Terrain	
Range of Two-Way Flow Rates (pc/h)	Range of Directional Flow Rates (pc/h)	Level	Rolling
0–600	0–300	1.00	0.77
> 600–1200	> 300–600	1.00	0.94
> 1200	> 600	1.00	1.00

Tabella 18: fattore correttivo per pendenza media della strada

Il fattore correttivo f_{HV} è determinabile con la relazione, già utilizzata:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

dove:

E_T, E_R = fattori di equivalenza;

P_T, P_R = frazione di veicoli pesanti;

Determinazione della velocità media di deflusso ATS:

$$ATS = FFS - 0.0125Vp - f_{np}$$

dove:

ATS = velocità media di deflusso per entrambe le direzioni

V_p = tasso di flusso;

FFS = velocità di flusso libero;

f_{np} = frazione di strada in cui è impedito il sorpasso;

Il coefficiente f_{np}, è ricavabile dalla seguente tabella:

EXHIBIT 20-11. ADJUSTMENT (f_{np}) FOR EFFECT OF NO-PASSING ZONES ON AVERAGE TRAVEL SPEED ON TWO-WAY SEGMENTS

Two-Way Demand Flow Rate, v_p (pc/h)	Reduction in Average Travel Speed (km/h) — No-Passing Zones (%)					
	0	20	40	60	80	100
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200	0.0	1.0	2.3	3.8	4.2	5.6
400	0.0	2.7	4.3	5.7	6.3	7.3
600	0.0	2.5	3.8	4.9	5.5	6.2
800	0.0	2.2	3.1	3.9	4.3	4.9
1000	0.0	1.8	2.5	3.2	3.6	4.2
1200	0.0	1.3	2.0	2.6	3.0	3.4
1400	0.0	0.9	1.4	1.9	2.3	2.7
1600	0.0	0.9	1.3	1.7	2.1	2.4
1800	0.0	0.8	1.1	1.6	1.8	2.1
2000	0.0	0.8	1.0	1.4	1.6	1.8
2200	0.0	0.8	1.0	1.4	1.5	1.7
2400	0.0	0.8	1.0	1.3	1.5	1.7
2600	0.0	0.8	1.0	1.3	1.4	1.6
2800	0.0	0.8	1.0	1.2	1.3	1.4
3000	0.0	0.8	0.9	1.1	1.1	1.3
3200	0.0	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1

Tabella 19: fattore correttivo per parte di strada con divieto di sorpasso

Determinazione del tempo speso accodati a veicoli più lenti (PTSF):

$$PTSF = BPTSF + f_{d/np}$$

dove:

PTSF = percent-time-spent following

BPTSF = valore di base di PTSF;

$f_{d/np}$ = fattore correttivo per la frazione di strada in cui è impedito il sorpasso e per la distribuzione del traffico nelle due direzioni;

Il valore di BPTSF si ricava utilizzando:

$$BPTSF = 100\left(1 - e^{-0.000879Vp}\right)$$

Il fattore $f_{d/np}$ si ricava dalla seguente tabella:

EXHIBIT 20-12. ADJUSTMENT ($f_{d/np}$) FOR COMBINED EFFECT OF DIRECTIONAL DISTRIBUTION OF TRAFFIC AND PERCENTAGE OF NO-PASSING ZONES ON PERCENT TIME-SPENT-FOLLOWING ON TWO-WAY SEGMENTS

	Increase in Percent Time-Spent-Following (%)					
	No-Passing Zones (%)					
Two-Way Flow Rate, v_p (pc/h)	0	20	40	60	80	100
Directional Split = 50/50						
≤ 200	0.0	10.1	17.2	20.2	21.0	21.8
400	0.0	12.4	19.0	22.7	23.8	24.8
600	0.0	11.2	16.0	18.7	19.7	20.5
800	0.0	9.0	12.3	14.1	14.5	15.4
1400	0.0	3.6	5.5	6.7	7.3	7.9
2000	0.0	1.8	2.9	3.7	4.1	4.4
2600	0.0	1.1	1.6	2.0	2.3	2.4
3200	0.0	0.7	0.9	1.1	1.2	1.4
Directional Split = 60/40						
≤ 200	1.6	11.8	17.2	22.5	23.1	23.7
400	0.5	11.7	16.2	20.7	21.5	22.2
600	0.0	11.5	15.2	18.9	19.8	20.7
800	0.0	7.6	10.3	13.0	13.7	14.4
1400	0.0	3.7	5.4	7.1	7.6	8.1
2000	0.0	2.3	3.4	3.6	4.0	4.3
≥ 2600	0.0	0.9	1.4	1.9	2.1	2.2
Directional Split = 70/30						
≤ 200	2.8	13.4	19.1	24.8	25.2	25.5
400	1.1	12.5	17.3	22.0	22.6	23.2
600	0.0	11.6	15.4	19.1	20.0	20.9
800	0.0	7.7	10.5	13.3	14.0	14.6
1400	0.0	3.8	5.6	7.4	7.9	8.3
≥ 2000	0.0	1.4	4.9	3.5	3.9	4.2
Directional Split = 80/20						
≤ 200	5.1	17.5	24.3	31.0	31.3	31.6
400	2.5	15.8	21.5	27.1	27.6	28.0
600	0.0	14.0	18.6	23.2	23.9	24.5
800	0.0	9.3	12.7	16.0	16.5	17.0
1400	0.0	4.6	6.7	8.7	9.1	9.5
≥ 2000	0.0	2.4	3.4	4.5	4.7	4.9
Directional Split = 90/10						
≤ 200	5.6	21.6	29.4	37.2	37.4	37.6
400	2.4	19.0	25.6	32.2	32.5	32.8
600	0.0	16.3	21.8	27.2	27.6	28.0
800	0.0	10.9	14.8	18.6	19.0	19.4
≥1400	0.0	5.5	7.8	10.0	10.4	10.7

Tabella 20:fattore correttivo per la parte in cui è impedito il sorpasso e per la distribuzione del traffico nelle due direzioni

Con a disposizione i valori della velocità media di deflusso (ATS) e la percentuale di tempo spesa accodati (PTSF) si determina il livello di servizio del tratto di strada considerato:

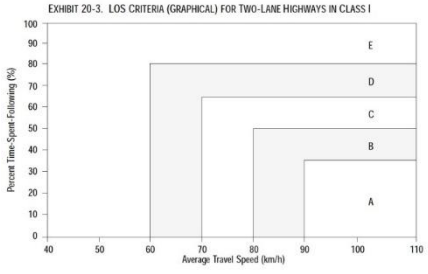


Tabella 21: livelli di servizio per strade a carreggiata unica

Riassumendo, per tratte a carreggiata unica i Livelli di Servizio possono venire stimati in funzione dei due diversi metodi di calcolo proposti da HCM 1985 e HCM 2000 e precisamente:

LIVELLI DI SERVIZIO	HCM 1985		HCM 2000	
	FLUSSO/CAP.	FLUSSO (Veic./H)	PTSF (%)	FLUSSO (Veic./H)
A	0,18	≅ 575	40	≅ 700
B	0,32	≅ 1042	60	≅ 700
C	0,52	≅ 1650	77	≅ 700
D	0,77	≅ 2450	88	≅ 700
E	>0,77	----------	>88	≅ 700

Tabella 22: Livelli di Servizio su tratte stradali con carreggiata unica

In Europa e in Italia, nel caso di tratte a carreggiata unica viene proposta, da più parti, l'adozione di alcuni adattamenti della modellistica statunitense.

Gli adattamenti sono suggeriti per meglio considerare lo specifico parco veicolare e le specifiche caratteristiche personali europee.

Ad esempio, dalla Regione Lombardia, viene suggerito per HCM 1985 di:

- Utilizzare un valore di Capacità pari a 3200 veicoli/ora e non 2800 veicoli/ora;
- Utilizzare rapporti Flussi/Capacità aumentati del 20% rispetto a quelli dell'HCM per determinare il passaggio tra Livelli di Servizio.

Per HCM 2000 viene suggerito di:

- Valutare il Livello di Servizio in funzione del solo parametro PTSF.

10.2 Livelli di servizio su intersezioni a raso libere

Il metodo adottato per la verifica dei livelli di servizio su intersezioni a raso libere mette in relazione le geometrie dell'intersezione con le manovre conflittuali e l'intervallo tra un veicolo e il successivo della corrente principale durante il quale un veicolo della corrente secondaria può effettuare la svolta.

L'intervallo critico è funzione del tipo di disciplina della circolazione adottata e delle velocità di attraversamento dell'intersezione da parte dei veicoli.

Dati i volumi di traffico, espressi in veicoli equivalenti, per ogni manovra (vl) la procedura HCM di calcolo delle capacità delle singole manovre e dei relativi LDS si sviluppa in passi successivi:

1. Per le svolte a destra della strada secondaria (RT);
2. Per le svolte a sinistra dalla strada principale (LTM);
3. Per gli attraversamenti della strada secondaria (TH);

4. Per le svolte a sinistra dalla secondaria (LTM).

Si determinano, in funzione della geometria dell'intersezione, i volumi di traffico conflittuali per ogni manovra di svolta. Si stabilisce il valore dell'intervallo critico per ciascuna manovra in funzione delle caratteristiche dell'intersezione facendo riferimento alla tabella seguente:

TABLE 10-1. CRITICAL GAPS t_c AND FOLLOW-UP TIMES t_f FOR PASSENGER CARS AT TWSC INTERSECTIONS

VEHICLE MANEUVER	CRITICAL GAP t_c		FOLLOW-UP TIME t_f
	TWO-LANE MAJOR ROAD	FOUR-LANE MAJOR ROAD	
Left turn, major street	4.1	4.1	2.2
Right turn, minor street	6.2	6.9	3.3
Through traffic, minor street	6.5	6.5	4.0
Left turn, minor street	7.1	7.5	3.5

Tabella 23: Intervalli critici

In funzione del volume conflittuale e dell'intervallo critico (espresso in sec.) si ricava dall'abaco il valore della capacità potenziale per ogni singola manovra. Per tenere conto dell'interazione delle varie svolte si introduce un fattore di impedenza, determinabile in funzione del rapporto tra flusso della i_esima manovra e la sua capacità potenziale, ottenendo la capacità della singola manovra (cm). Il valore di capacità ottenuto è valido se la manovra è canalizzata in una apposita corsia. Nel caso in cui più manovre impegnano la medesima corsia il valore della capacità effettiva (csh) è dato dalla:

$$csh = (vl + vt + vr) / (vl/cml + vt/cmt + vr/cmr)$$

dove:

csh = capacità
vl = LT volume di traffico per svolta a sinistra su corsia condivisa
vt = TH volume di traffico per attraversamenti strada secondaria
vr = RT volume di traffico per svolta a destra dalla strada secondaria
cml = capacità della manovra di svolta a sinistra
cmt = capacità della manovra di attraversamento
cmr = capacità della manovra di svolta a destra

Dalla capacità si deduce la saturazione e i tempi di ritardo per veicolo:

Livello di servizio	Tempo di attesa per veicolo (secondi)
A	≤ 10
B	10 ÷ 15
C	15 ÷25
D	25 ÷ 35
E	35 ÷50
F	> 50

Tabella 24: Livelli di Servizio su intersezioni a raso libere

10.3 Livelli di servizio su intersezioni a rotatoria

Il metodo adottato per la verifica dei livelli di servizio su intersezioni a raso disciplinate attraverso rotatoria è derivato, per il calcolo dei perditempo e degli accumuli veicolari, dal modello quantitativo elaborato in Svizzera (VSS 3/89) e in Francia (CERTU/SETRA). Successivamente i valori ottenuto sono rapportati ai perditempo indicati da H.C.M. 2000 per i livelli di servizio.

Il modello quantitativo pone in relazione i flussi in ingresso e in uscita con i flussi circolanti nell'anello e le geometrie di progetto della rotatoria. La formula generale per il calcolo della capacità di una entrata è data dalla:

$$Ce=150 –8/9*Qg$$

Dove:

Ce = capacità dell'ingresso (veicoli/ora);
*Qg = β*Qc+α*Qs*
Qc = portata del flusso circolante nell'anello;
Qs = portata del flusso in uscita;
β = coeff. relativo alla larghezza dell'anello;
α = coeff. del flusso in uscita.

La stima dei tassi di capacità di un ingresso è data dalla:

$$Tcue = (\gamma*Qe/Ce)*100$$

Dove:

Ce = capacità dell'ingresso (veicoli/ora);
Qe = flusso in ingresso;
γ = coeff. relativo al numero di corsie in ingresso.

Mentre per il tasso di capacità dell'anello abbiamo la:

$$Tcuc = ((\gamma * Qe + 8/9 * Qg)/1500) * 100$$

Dove:

$Qg = \beta * Qc + \alpha * Qs$

Qe = flusso in ingresso;

γ *= coeff. relativo al numero di corsie in ingresso.*

I livelli di servizio adottati sono stati riferiti alla norma Svizzera VSS N° 640-024 come descritto nella tabella successiva:

	Livello di servizio		Tempo di ritardo
	Qualità della circolazione	Formazione di code in attesa	(secondi)
A	Eccellente	Nessuna formazione di code	≤ 10
B	Buona	Formazione casuale di accodamenti	10,1÷15,0
C	Soddisfacente	Presenza temporanea di file di attesa	15,1÷25,0
D	Sufficiente	Presenza stabile di file di attesa	25,1÷45,0
E	Insufficiente	Presenza stabile di file di attesa	>45,1 (÷60,0)
F	Totalmente insufficiente	Presenza stabile di file di attesa non assorbita	>>45 (>60,0)

Tabella 25: LdS per intersezioni a rotatoria

Firmato digitalmente da: Eugenio Radice Fossati Confalonie
Data: 19/12/2025 12:14:13

Firmato digitalmente da

Paolo Francesco Mauri

O = Ordine dei Geologi della Lombardia
C = IT